# COMPTES RENDUS

## DES SÉANCES

## DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

### SÉANCE DU LUNDI 24 OCTOBRE 1881.

PRÉSIDENCE DE M. WURTZ.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THERMOCHIMIE. — *Détonation de l'acétylène, du cyanogène et des combinaisons endothermiques en général;* par M. BERTHELOT.

« 1. L'acétylène, le cyanogène, le bioxyde d'azote sont formés avec absorption de chaleur depuis leurs éléments : j'ai trouvé, en effet, que cette absorption s'élève à $-61100^{cal}$ [1] pour l'acétylène ($C^4H^2 = 26^{gr}$); à $-74500^{cal}$ pour le cyanogène ($C^4Az^2 = 52^{gr}$) ; à $21600^{cal}$ pour le bioxyde d'azote ($AzO^2 = 30^{gr}$). Si l'on réussit à décomposer brusquement ces gaz en leurs éléments, une telle quantité de chaleur, reproduite en sens inverse, élèvera la température de ces derniers vers 3000° pour l'acétylène et le bioxyde d'azote, vers 4000° pour le cyanogène, d'après un calcul fondé sur les chaleurs spécifiques connues des éléments. Les résultats de ce calcul sont d'ailleurs plus vraisemblables dans le cas présent, où il s'agit d'une décomposition élémentaire, que dans les combustions de l'hydrogène ou

(1) Ce chiffre se rapporte au carbone dans l'état de diamant. Pour le carbone amorphe, on aurait $3000^{cal}$ de moins. Même observation pour le cyanogène.

de l'oxyde de carbone, limitées dans leur progrès par la dissociation des corps composés.

» Cependant il n'a pas été possible jusqu'ici de déterminer l'explosion de l'acétylène, du cyanogène ou du bioxyde d'azote. Tandis que le gaz hypochloreux détone sous l'influence d'un léger échauffement, du contact d'une flamme, ou d'une étincelle, malgré la grandeur bien moindre de la chaleur dégagée : $+15200^{cal}$ (pour $Cl^2O^2 = 87^{gr}$), chaleur susceptible de porter les éléments de ce gaz à 1250° seulement; au contraire, l'acétylène, le cyanogène, le bioxyde d'azote ne détonent, ni par simple échauffement, ni par le contact d'une flamme, ni sous l'influence de l'étincelle électrique. Cette résistance s'étend même aux mélanges du bioxyde d'azote avec certains gaz combustibles, tels que l'hydrogène ou l'oxyde de carbone, la chaleur dégagée dans ce cas étant plus que doublée et surpassant beaucoup celle que produirait l'oxygène libre. Mais je reviendrai sur les combustions produites par le bioxyde d'azote.

» 2. La diversité qui existe entre le mode de destruction des combinaisons endothermiques est due à la nécessité d'une sorte de mise en train et de ce travail préliminaire, dont j'ai examiné ailleurs (1) les caractères et la généralité dans la production des réactions chimiques. Or ce travail ne paraît pas résider dans un simple échauffement, lent et progressif. En effet, l'acétylène, le cyanogène, le bioxyde d'azote ne détonent jamais, à quelque température qu'ils soient portés dans nos expériences. Ce n'est pas qu'ils soient très stables : ils se décomposent, en effet, souvent dès le rouge sombre, avec formation de polymères (benzine par l'acétylène), ou bien avec répartition nouvelle de leurs éléments (protoxyde d'azote et gaz hypoazotique par le bioxyde d'azote, d'après mes expériences), mais sans faire explosion, malgré le très grand dégagement de chaleur qui accompagne ces métamorphoses. Ils ne détonent pas davantage, ce qui est plus singulier, sous l'influence des étincelles électriques, malgré la température excessive et subite développée par celles-ci. Le carbone se précipite aussitôt sur leur trajet, au sein de l'acétylène ou du cyanogène, en même temps que l'hydrogène et l'azote deviennent libres; l'azote et l'oxygène du bioxyde d'azote se séparent de même. A la vérité, l'oxygène de ce dernier gaz s'unit à mesure avec l'excès du bioxyde environnant pour engendrer le gaz hypoazotique; une partie de l'hydrogène et du carbone mis en liberté aux dépens de l'acétylène se recombinent de même, sous l'influence de l'élec-

(1) *Essai sur la Mécanique chimique*, t. II, p. 6.

tricité, pour reconstituer ce carbure d'hydrogène, le tout formant un système en équilibre. On pourrait attribuer à ces circonstances l'absence de propagation de la décomposition; mais cette explication ne vaut pas pour le cyanogène, qui se décompose entièrement [1], sans réversion possible.

» Elle ne vaut pas davantage pour l'hydrogène arsénié, gaz décomposable avec dégagement de $36700^{cal}$ ($AzH^3 = 78^{gr}$), d'après M. Ogier. Ce dernier gaz est si peu stable, qu'il se détruit incessamment à la température ordinaire, lorsqu'on le conserve dans des tubes de verre scellés. On sait avec quelle facilité la chaleur le décompose jusqu'à sa dernière trace dans l'appareil de Marsh. Une série d'étincelles électriques le détruit également, et d'une façon complète. Cependant l'hydrogène arsénié ne détone, comme je l'ai vérifié, ni sous l'influence de l'échauffement progressif, ni sous l'influence des étincelles électriques.

» 3. Ainsi, pour les combinaisons endothermiques que je viens d'énumérer, il existe quelque condition, liée à leur constitution moléculaire, qui empêche la propagation de l'action chimique sous l'influence du simple échauffement progressif, ou de l'étincelle électrique.

» On sait que l'étude des matières explosives présente des circonstances analogues. L'inflammation simple de la dynamite, par exemple, ne suffirait pas pour en provoquer la détonation. Au contraire, M. Nobel a montré que celle-ci est produite sous l'influence de détonateurs spéciaux, tels que le fulminate de mercure, susceptibles de produire un choc très violent. J'ai donné ailleurs la théorie thermodynamique de ces effets, qui semblent dus à la formation d'une véritable onde explosive, tout à fait distincte des ondes sonores proprement dites, parce qu'elle résulte d'un certain cycle d'actions mécaniques, calorifiques et chimiques, lesquelles se reproduisent de proche en proche, en se transformant les unes dans les autres : c'est ce que confirment les expériences que je poursuis en ce moment avec M. Vieille sur les mélanges d'hydrogène et d'oxygène. Nous avons montré également que la prépondérance du fulminate de mercure, comme détonateur, ne s'explique pas seulement par la vitesse de décomposition de ce corps, mais surtout par l'énormité des pressions qu'il développe en détonant dans son propre volume; pressions très supérieures à celles de tous les corps connus, et qui peuvent être évaluées à $40000^{kg}$ par centimètre carré, d'après les données de nos essais.

---

[1] Je dis entièrement, à moins qu'il ne renferme quelque trace d'un corps hydrogéné, susceptible de fournir de l'acide cyanhydrique, lequel, au contraire, donne lieu à des équilibres.

» J'ai été ainsi conduit à tenter de faire détoner l'acétylène, le cyanogène, l'hydrogène arsénié, sous l'influence du fulminate de mercure, et mes expériences ont complètement réussi. En voici le détail :

» 4. *Acétylène.* — Dans une éprouvette de verre à parois très épaisses, on introduit un certain volume d'acétylène, $20^{cc}$ à $25^{cc}$ par exemple. Au centre de la masse gazeuse, on place une cartouche minuscule, contenant une petite quantité de fulminate ($0^{gr},1$ environ), et traversée par un fil métallique très fin, que peut faire rougir un courant électrique. Le tout est supporté par un tube de verre capillaire en forme de siphon renversé, fixé lui-même dans un bouchon qui ferme l'éprouvette. On fait passer le courant : le fulminate éclate, et il se produit une violente explosion et une grande flamme dans l'éprouvette. Après refroidissement, celle-ci se trouve remplie de carbone noir et très divisé ; l'acétylène a disparu, et l'on obtient de l'hydrogène libre [1]. L'acétylène est ainsi décomposé en ses éléments purement et simplement :

$$C^4H^2 = C^4 + H^2.$$

A peine si l'on retrouve une trace insensible du gaz primitif, un centième de centimètre cube environ ; trace attribuable sans doute à quelque portion non atteinte par l'explosion.

» La réaction est si rapide que la petite cartouche de papier mince qui enveloppait le fulminate se retrouve ensuite déchirée, mais non brûlée, même dans ses fibres les plus capillaires : ce qui s'explique, si l'on observe que la durée pendant laquelle le papier aurait séjourné dans le milieu détonant serait de l'ordre de $\frac{1}{300000000}$ de seconde, d'après l'épaisseur du papier et les données connues relatives à la vitesse de cet ordre de décomposition.

» Le carbone mis à nu dans cette décomposition affecte le même état que celui que l'on obtient dans un tube rouge de feu : c'est du carbone amorphe, et non du graphite ; il se dissout à peu près en totalité, lorsqu'on le traite à plusieurs reprises par un mélange d'acide azotique fumant et de chlorate de potasse. Cependant il fournit ainsi une trace d'oxyde graphitique, ce qui prouve qu'il contient une trace de graphite, produit sans doute par la transformation du carbone amorphe sous l'influence de la température excessive qu'il a subie : j'ai montré en effet que le carbone

---

(1) Mélangé avec l'azote et l'oxyde de carbone qui proviennent du fulminate, et qui se sont formés d'une façon indépendante.

amorphe, échauffé vers 2500° par le gaz tonnant, commence à se changer en graphite, et que le noir de fumée, précipité par la combustion incomplète des hydrocarbures, en contient aussi une trace ([1]).

» 5. *Cyanogène.* — La même expérience, exécutée avec le cyanogène, réussit également. Le cyanogène détone sous l'influence du fulminate et il se résout en ses éléments :

$$C^4 Az^2 = C^4 + Az^2.$$

Il se produit ainsi de l'azote libre, et du carbone amorphe et très divisé, semblable à celui que l'on obtient par l'étincelle électrique. Ce carbone tache le papier à la façon de la plombagine; cependant ce n'est point du graphite véritable, car il se dissout presque entièrement sous l'influence de traitements réitérés par un mélange d'acide azotique fumant et de chlorate de potasse. Une trace d'oxyde graphitique, demeurée comme résidu, atteste néanmoins l'existence d'une trace de graphite, comme avec l'acétylène.

» Cette expérience ne réussit pas toujours : il est arrivé que l'éclatement du fulminate a eu lieu, sans que le carbone du cyanogène se soit précipité.

» L'azotate de diazobenzol, avec lequel j'ai opéré également au lieu du fulminate, s'est décomposé sans provoquer la détonation du cyanogène. Le mode de décomposition même de l'azotate de diazobenzol a été différent dans ces conditions, où le détonateur se détruit à une faible pression, de sa décomposition dans la bombe calorimétrique, sous une forte pression, telle que nous l'avons observée avec M. Vieille ([2]). Au lieu d'obtenir tout l'oxygène du composé à l'état d'oxyde de carbone, en même temps que de l'azote libre et un charbon azoté, très poreux et très dense, j'ai observé cette fois, à côté de l'azote, un quart seulement du volume de l'oxyde de carbone théorique, du phénol et une matière goudronneuse.

» 6. *Bioxyde d'azote.* — Le bioxyde d'azote détone sous l'influence du fulminate de mercure; mais le phénomène est plus compliqué qu'avec les gaz précédents, l'oxyde de carbone produit par le fulminate brûlant aux dépens de l'oxygène du bioxyde d'azote, pour former de l'acide carbonique. Cette combustion paraît avoir lieu aux dépens de l'oxygène libre, et non du gaz hypoazotique formé transitoirement; en effet, le mercure n'est pas at-

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XIX, p. 418. L'arc voltaïque produit une transformation plus complète; mais alors les effets de la chaleur se compliquent de ceux de l'électricité; p. 419.

([2]) *Comptes rendus*, t. XCII, p. 1074.

taqué, contrairement à ce qui arrive toujours lorsque ce gaz apparaît un moment.

» On aurait donc

$$AzO^2 = Az + O^2,$$
$$C^2O^2 + O^2 = C^2O^4.$$

La combustion même de l'oxyde de carbone est caractéristique; car le bioxyde d'azote mêlé d'oxyde de carbone ne détone, ni par l'inflammation simple, ni par l'étincelle électrique.

» 7. *Hydrogène arsénié.* — L'hydrogène arsénié a détoné sous l'influence du fulminate, et il s'est résolu entièrement en ses éléments, arsenic et hydrogène :

$$AsH^3 = As + H^3.$$

» 8. Je rappellerai ici mon expérience sur la décomposition brusque du protoxyde d'azote en azote et oxygène; cette décomposition, qui dégage $+ 20300^{cal}$ ($Az^2O^2 = 44^{gr}$), peut être provoquée par la compression subite de $50^{cc}$ de ce gaz, réduits à $\frac{1}{500}$ de leur volume par la chute d'un mouton pesant $500^{kg}$ (1). Au contraire, le protoxyde d'azote ne se décompose que peu à peu, sous l'influence d'un échauffement progressif, ou des étincelles électriques.

» 9. Toutes ces expériences sont relatives à des gaz. Mais les combinaisons endothermiques solides ou liquides offrent la même diversité. Tandis que le chlorure et l'iodure d'azote détonent sous l'influence d'un léger échauffement ou d'une légère friction, le sulfure d'azote a besoin d'être échauffé vers 207°, ou choqué violemment pour détoner et se résoudre en éléments; il dégage alors $+ 32200^{cal}$ ($AzS^2 = 46^{gr}$), d'après les expériences que j'ai faites avec M. Vieille (2). Le chlorate de potasse lui-même, qui dégage $+ 11000^{cal}$ ($ClO^6K = 122^{gr},6$) en se décomposant en oxygène et chlorure de potassium, peut éprouver cette décomposition dès la température ordinaire, si on le frappe fortement avec un marteau sur une enclume, après l'avoir enveloppé dans une mince feuille de platine. J'ai trouvé, en effet, qu'il se forme par là une dose sensible de chlorure. Le chlorate pur, à l'état de fusion, détone bien plus facilement, et parfois de lui-même, si l'échauffement est trop brusque : cette détonation a occasionné plus d'un accident dans les laboratoires. Je citerai encore le celluloïde (variété de coton

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. IV, p. 145.

(2) *Comptes rendus*, t. XCII, p. 1307.

azotique mêlé avec diverses matières). A la température ordinaire, c'est une substance assez stable : cependant j'ai observé, il y a déjà quelque temps, que ce corps détone, lorsqu'il a été amené à la température de son ramollissement, et soumis, dans cet état, au choc du marteau sur l'enclume. En général, les composés et les mélanges explosifs deviennent de plus en plus sensibles aux chocs, à mesure qu'ils approchent de la température de leur décomposition commençante. Mais je ne veux pas m'étendre davantage sur les faits relatifs aux corps solides.

» 10. En résumé, les gaz formés avec absorption de chaleur, tels que l'acétylène, le cyanogène, l'hydrogène arsénié, lesquels ne détonent pas par simple échauffement, peuvent être amenés à faire explosion sous l'influence d'un choc subit et très violent, tel que celui qui résulte de l'éclatement du fulminate de mercure. Ce choc ne porte à la vérité que sur une certaine couche de molécules gazeuses, auxquelles il communique une force vive énorme. Sous ce choc, l'édifice moléculaire perd la stabilité relative qu'il devait à une structure spéciale; ses liaisons intérieures étant rompues, il s'écroule et la force vive initiale s'accroît à l'instant de toute celle qui répond à la chaleur de décomposition du gaz. De là résulte un nouveau choc, produit sur la couche voisine, qui en provoque de même la décomposition; les actions se coordonnent, se reproduisent et se propagent de proche en proche, avec des caractères pareils et dans un intervalle de temps extrêmement court, jusqu'à la destruction totale du système.

» Ce sont là des phénomènes qui mettent en évidence les relations thermodynamiques directes existant entre les actions chimiques et les actions mécaniques. »

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une détermination générale de la tension et du volume des vapeurs saturées.* Note de M. R. CLAUSIUS.

« Il est bien connu que, en comprimant un gaz de plus en plus, on arrive à un point où le gaz commence à se condenser, et que, pendant la condensation, le volume diminue sans que la pression augmente. Mais, à côté de ce procédé réel, M. James Thomson a imaginé un procédé qui n'est que théorique, parce qu'il contient des cas d'équilibre instable qui ne peuvent persister en réalité. Ce procédé est une compression dans laquelle la substance reste toujours homogène et la pression change continuellement, mais de manières différentes, en ce que, dans un certain intervalle de la

compression, il n'y a pas une augmentation, mais au contraire une diminution de pression.

» En comparant le procédé réel à ce procédé théorique, on peut déterminer la pression à laquelle, dans le premier, la condensation a lieu par cette condition, que le travail extérieur doit être le même dans le procédé réel que dans le procédé théorique.

» Quant à l'équation qui détermine la pression en fonction de volume et de température, dans le procédé théorique, je lui ai donné une forme un peu différente de celle posée par M. Van der Waals, à savoir

$$(1) \qquad \frac{p}{RT} = \frac{1}{v-\alpha} - \frac{1}{\Theta(v+\beta)^2},$$

où $p$ désigne la pression, $v$ le volume et T la température absolue, c'est-à-dire la somme $273 + t$, si $t$ est la température comptée à partir du zéro ordinaire. R, $\alpha$ et $\beta$ sont des constantes, et $\Theta$ représente une fonction de température, qui figure dans mon équation déjà publiée pour l'acide carbonique sous une forme spéciale très simple, mais que nous laisserons ici provisoirement indéterminée.

» Cette équation générale (1) peut être appliquée spécialement à ces deux volumes auxquels, dans le procédé réel pour une température donnée, la condensation commence et finit, et par là on obtient, en désignant la tension de la vapeur saturée par P et son volume par $s$, et le volume du liquide sous la même pression et à la même température par $\sigma$, les deux équations suivantes :

$$(2) \qquad \frac{P}{RT} = \frac{1}{\sigma-\alpha} - \frac{1}{\Phi(\sigma+\beta)^2},$$

$$(3) \qquad \frac{P}{RT} = \frac{1}{s-\alpha} - \frac{1}{\Theta(s+\beta)^2}.$$

» De plus on peut, pour exprimer la condition mentionnée plus haut, que le travail extérieur doit être le même dans le procédé réel que dans le procédé théorique, former l'équation

$$P(s-\sigma) = \int_\sigma^s p\,dv;$$

en y remplaçant $p$ par son expression tirée de l'équation (1) et effectuant alors l'intégration, on arrive à l'équation suivante

$$(4) \qquad \frac{P}{RT}(s-\sigma) = \log\frac{s-\alpha}{\sigma-\alpha} - \frac{1}{\Theta}\left(\frac{1}{\sigma+\beta} - \frac{1}{s+\beta}\right).$$

» Pour donner aux trois équations (2), (3) et (4) des formes encore plus simples, nous introduirons quelques notations abrégées, à savoir

$$(5)\qquad \begin{cases} \Pi = \dfrac{P}{RT}, & \gamma = \alpha + \beta; \\ w = \sigma - \alpha, & W = s - \alpha. \end{cases}$$

» Alors les équations s'écrivent

$$(6)\qquad \Pi = \frac{1}{w} - \frac{1}{\Theta(w+\gamma)^2},$$

$$(7)\qquad \Pi = \frac{1}{W} - \frac{1}{\Theta(W+\gamma)^2},$$

$$(8)\qquad \Pi(W - \omega) = \log\frac{W}{w} - \frac{1}{\Theta}\left(\frac{1}{w+\gamma} - \frac{1}{W+\gamma}\right).$$

» Au moyen de ces trois équations, on peut, pour chaque valeur donnée de $\Theta$, calculer les valeurs correspondantes de $\Pi$, $W$ et $w$. Mais ce calcul est trop long pour être effectué dans chaque cas particulier, et pour cette raison il m'a paru utile de calculer une Table qui donne immédiatement ou par une simple interpolation les valeurs cherchées.

» Les valeurs spéciales que les quantités $\Theta$, $\Pi$, $W$ et $w$ ont dans l'état *critique* de la substance, et que nous désignerons par $\Theta_c$, $\Pi_c$, $W_c$ et $w_c$, s'expriment comme il suit :

$$\Theta_c = \frac{8}{27\gamma}, \quad \Pi_c = \frac{1}{8\gamma}, \quad W_c = 2\gamma, \quad w_c = 2\gamma.$$

» On peut donc les considérer comme directement déterminées par la constante $\gamma$ et former les fractions $\frac{\Theta}{\Theta_c}$, $\frac{\Pi}{\Pi_c}$, $\frac{W}{W_c}$ et $\frac{w}{w_c}$, et c'est pour ces fractions que la Table est calculée. Elle contient, pour des valeurs graduellement croissantes de la première fraction, les valeurs correspondantes des trois autres.

| $\frac{\Theta}{\Theta_c}$. | $\frac{\Pi}{\Pi_c}$. | Δ. | $\frac{W}{W_c}$. | Δ. | $\frac{w}{w_c}$. | Δ. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,20 | 0,0000059 | 67 | 672780 | 355440 | 0,033767 | 1947 |
| 0,21 | 0,0000126 | 123 | 317340 | 156660 | 0,035714 | 1978 |
| 0,22 | 0,0000249 | 213 | 160680 | 74175 | 0,037692 | 2008 |
| 0,23 | 0,0000462 | 352 | 86505 | 37365 | 0,039700 | 2040 |
| 0,24 | 0,0000814 | 553 | 49140 | 19877 | 0,041740 | 2072 |
| 0,25 | 0,0001367 | 834 | 29263 | 11097 | 0,043812 | 2106 |
| 0,26 | 0,0002201 | 1215 | 18166 | 6464 | 0,045918 | 2141 |
| 0,27 | 0,0003416 | | 11702 | | 0,048059 | |

| $\frac{\Theta}{\Theta_c}$. | $\frac{\Pi}{\Pi_c}$. | Δ. | $\frac{W}{W_c}$. | Δ. | $\frac{w}{w_c}$ | Δ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,27 | 0,0003416 | 1715 | 11702 | 3912,3 | 0,048059 | 2176 |
| 0,28 | 0,0005131 | 2352 | 7789,7 | 2449,8 | 0,050235 | 2213 |
| 0,29 | 0,0007483 | 3144 | 5339,9 | 1581,6 | 0,052448 | 2253 |
| 0,30 | 0,0016027 | 4111 | 3758,3 | 1049,7 | 0,054701 | 2290 |
| 0,31 | 0,0014738 | 5264 | 2708,6 | 714,0 | 0,056991 | 2330 |
| 0,32 | 0,0020002 | 6619 | 1994,6 | 497,2 | 0,059321 | 2374 |
| 0,33 | 0,0026621 | 8187 | 1497,4 | 353,2 | 0,061695 | 2418 |
| 0,34 | 0,0034808 | 9972 | 1144,2 | 255,79 | 0,064113 | 2462 |
| 0,35 | 0,0044780 | 11983 | 888,41 | 188,44 | 0,066575 | 2508 |
| 0,36 | 0,0056763 | 14224 | 699,97 | 141,07 | 0,069083 | 2555 |
| 0,37 | 0,0070987 | 16693 | 558,90 | 107,17 | 0,071638 | 2607 |
| 0,38 | 0,0087680 | 19380 | 451,73 | 82,49 | 0,074245 | 2658 |
| 0,39 | 0,010706 | 2230 | 369,24 | 64,30 | 0,076903 | 2709 |
| 0,40 | 0,012936 | 2543 | 304,94 | 50,69 | 0,079612 | 2767 |
| 0,41 | 0,015479 | 2877 | 254,25 | 40,41 | 0,082379 | 2822 |
| 0,42 | 0,018356 | 3233 | 213,84 | 32,54 | 0,085201 | 2883 |
| 0,43 | 0,021589 | 3604 | 181,30 | 26,43 | 0,088084 | 2944 |
| 0,44 | 0,025193 | 3994 | 154,87 | 21,65 | 0,091028 | 3009 |
| 0,45 | 0,029187 | 4402 | 133,22 | 17,88 | 0,094037 | 3075 |
| 0,46 | 0,033589 | 4824 | 115,34 | 14,89 | 0,097112 | 3148 |
| 0,47 | 0,038413 | 5267 | 100,45 | 12,497 | 0,10026 | 321 |
| 0,48 | 0,043680 | 5718 | 87,953 | 10,532 | 0,10347 | 329 |
| 0,49 | 0,049398 | 6179 | 77,421 | 8,945 | 0,10676 | 337 |
| 0,50 | 0,055577 | 6655 | 68,476 | 7,640 | 0,11013 | 345 |
| 0,51 | 0,062232 | 7140 | 60,836 | 6,561 | 0,11358 | 354 |
| 0,52 | 0,069372 | 7632 | 54,275 | 5,663 | 0,11712 | 365 |
| 0,53 | 0,077004 | 8135 | 48,612 | 4,914 | 0,12074 | 371 |
| 0,54 | 0,085139 | 8644 | 43,698 | 4,284 | 0,12445 | 381 |
| 0,55 | 0,093783 | 9157 | 39,414 | 3,750 | 0,12826 | 391 |
| 0,56 | 0,10294 | 967 | 35,664 | 3,295 | 0,13217 | 402 |
| 0,57 | 0,11261 | 1020 | 32,369 | 2,909 | 0,13619 | 412 |
| 0,58 | 0,12281 | 1072 | 29,460 | 2,576 | 0,14031 | 422 |
| 0,59 | 0,13353 | 1125 | 26,884 | 2,289 | 0,14456 | 437 |
| 0,60 | 0,14478 | 1179 | 24,595 | 2,046 | 0,14893 | 447 |
| 0,61 | 0,15657 | 1230 | 22,549 | 1,829 | 0,15340 | 463 |
| 0,62 | 0,16887 | 1284 | 20,720 | 1,642 | 0,15803 | 476 |
| 0,63 | 0,18171 | 1337 | 19,078 | 1,478 | 0,16279 | 491 |
| 0,64 | 0,19508 | 1391 | 17,600 | 1,335 | 0,16770 | 507 |
| 0,65 | 0,20899 | 1444 | 16,265 | 1,209 | 0,17277 | 524 |
| 0,66 | 0,22343 | 1494 | 15,056 | 1,098 | 0,17801 | 540 |
| 0,67 | 0,23837 | 1548 | 13,958 | 0,998 | 0,18341 | 560 |
| 0,68 | 0,25385 | 1600 | 12,960 | 0,911 | 0,18901 | 578 |
| 0,69 | 0,26985 | | 12,049 | | 0,19479 | |

| $\frac{\Theta}{\Theta_c}$. | $\frac{\Pi}{\Pi_c}$. | Δ. | $\frac{W}{W_c}$. | Δ. | $\frac{w}{w_c}$. | Δ. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,69 | 0,26985 | 1652 | 12,049 | 0,832 | 0,19479 | 600 |
| 0,70 | 0,28637 | 1703 | 11,217 | 0,753 | 0,20079 | 623 |
| 0,71 | 0,30340 | 1754 | 10,454 | 0,7007 | 0,20702 | 645 |
| 0,72 | 0,32094 | 1806 | 9,7533 | 0,6447 | 0,21347 | 672 |
| 0,73 | 0,33900 | 1855 | 9,1086 | 0,5946 | 0,22019 | 698 |
| 0,74 | 0,35755 | 1906 | 8,5140 | 0,5494 | 7,22717 | 728 |
| 0,75 | 0,37661 | 1956 | 7,9646 | 0,5085 | 0,23445 | 759 |
| 0,76 | 0,39617 | 2004 | 7,4561 | 0,4717 | 0,24204 | 793 |
| 0,77 | 0,41621 | 2051 | 6,9844 | 0,4377 | 0,24997 | 830 |
| 0,78 | 0,43672 | 2100 | 6,5467 | 0,4078 | 0,25827 | 870 |
| 0,79 | 0,45772 | 2147 | 6,1389 | 0,3801 | 0,26697 | 915 |
| 0,80 | 0,47919 | 2196 | 5,7588 | 0,3554 | 0,27612 | 961 |
| 0,81 | 0,50115 | 2242 | 5,4034 | 0,3323 | 0,28573 | 1014 |
| 0,82 | 0,52357 | 2285 | 5,0711 | 0,311 | 0,29587 | 1072 |
| 0,83 | 0,54642 | 2333 | 4,7596 | 0,2927 | 0,30659 | 1138 |
| 0,84 | 0,56975 | 2377 | 4,4669 | 0,2755 | 0,31797 | 1207 |
| 0,85 | 0,59352 | 2422 | 4,1914 | 0,2597 | 0,33004 | 1289 |
| 0,86 | 0,61774 | 2463 | 3,9317 | 0,2452 | 0,34293 | 1382 |
| 0,87 | 0,64237 | 2508 | 3,6865 | 0,2324 | 0,35675 | 1485 |
| 0,88 | 0,66745 | 2552 | 3,4541 | 0,2208 | 0,37160 | 1604 |
| 0,89 | 0,69297 | 2592 | 3,2333 | 0,2102 | 0,38764 | 1744 |
| 0,90 | 0,71899 | 2634 | 3,0231 | 0,2005 | 0,40508 | 1914 |
| 0,91 | 0,74523 | 2677 | 2,8226 | 0,1926 | 0,42422 | 2106 |
| 0,92 | 0,77200 | 2713 | 2,6300 | 0,1850 | 0,44528 | 2360 |
| 0,93 | 5,79913 | 2755 | 2,4450 | 0,1793 | 0.46888 | 2664 |
| 0,94 | 0,82668 | 2793 | 2,2657 | 0,1751 | 0,49552 | 3066 |
| 0,95 | 0,85461 | 2833 | 2,0906 | 0,1730 | 0,52618 | 3607 |
| 0,96 | 0,88294 | 2870 | 1,9176 | 0,1740 | 0,56225 | 4394 |
| 0,97 | 0,91164 | 2909 | 1,7436 | 0,1801 | 0,60619 | 5684 |
| 0,98 | 0,94073 | 2945 | 1,5635 | 0,2008 | 0,66303 | 8239 |
| 0,99 | 0,97018 | 2982 | 1,3627 | 0,3627 | 0,74542 | 25458 |
| 1 | 1 | | 1 | | 1 | |

» Pour faire des applications de cette Table, il faut connaître la fraction $\frac{\Theta}{\Theta_c}$ en fonction de température, et mes recherches m'ont conduit à l'équation suivante :

$$(9) \qquad \frac{\Theta_c}{\Theta} = \frac{a}{T^n} - b,$$

dans laquelle $a$, $b$ et $n$ ont des valeurs différentes pour des substances diverses.

» La détermination de ces constantes et de la constante $\gamma$ est assez fa-

cile à faire pour des substances qui sont déjà observées dans l'état critique, comme l'acide carbonique, l'éther, etc. ; après cette détermination, la Table donne, dans tout l'intervalle de température dans lequel il y a des vapeurs saturées, des tensions de vapeur concordant bien avec les expériences. Mais, pour les substances qui n'ont pas encore été observées dans l'état critique, la détermination des constantes présente d'autant plus de difficultés que les températures auxquelles on connaît les tensions de vapeur sont plus éloignées de la température critique.

» Entre ces substances, nous choisirons comme exemple l'eau. En employant la grande série des tensions de vapeurs observées par Regnault, j'ai trouvé pour l'eau les nombres suivants comme valeurs des constantes :

$$a = 5210, \quad b = 0,85, \quad n = 1,24.$$

» Au moyen de ces valeurs et en supposant, pour la température de 100°, la tension de $1^{atm}$, nous obtenons de notre Table, pour une série de températures qui correspondent aux valeurs 0,30; 0,35; 0,40; ...; 0,65 de la fraction $\frac{\Theta}{\Theta_c}$, les tensions suivantes, exprimées en atmosphères, auxquelles j'ai ajouté, pour la comparaison, les valeurs observées par Regnault, et les différences entre les valeurs calculées et observées :

| | $t.$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 40°,49. | 72°,58. | 102°. | 129°,12. |
| P calculé | 0,07374 | 0,34252 | 1,0737 | 2,5976 |
| P observé | 0,07418 | 0,34274 | 1,0737 | 2,6018 |
| Δ | 0,00044 | 0,00022 | » | 0,0042 |

| | $t.$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 154°,21. | 177°,53. | 199°,28. | 219°,63. |
| P calculé | 5,2551 | 9,3517 | 15,134 | 22,787 |
| P observé | 5,2698 | 9,3787 | 15,151 | 22,723 |
| Δ | 0,0147 | 0,0270 | 0,017 | −0,064 |

» On voit que, dans tout l'intervalle de température depuis 40° jusqu'à 220°, l'accord entre les valeurs calculées et observées est très satisfaisant, et cela fait croire que les tensions que l'on déduit de la Table, pour des températures encore plus élevées, sont de même assez approchées de la vérité. Quant à l'état critique de l'eau, on obtient comme température critique 332°,32 et comme pression correspondante $134^{atm}$.

» A côté des tensions, notre Table donne encore, après la détermination de la constante $\alpha$, les volumes de la vapeur et du liquide soumis à la même

pression, pour toutes les températures jusqu'à la température critique. On doit seulement en excepter les températures voisines du point de la congélation, parce que, dans la congélation, de nouvelles forces interviennent qui ne sont pas prises en considération dans notre calcul. »

## MÉMOIRES LUS.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un appareil permettant de déterminer, sans douleur pour le patient, la position d'un projectile de plomb ou d'autre métal dans le corps humain.* Note de M. **Al. Graham Bell**, lue par M. Antoine Breguet ([1]).

« L'instrument que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie a pour objet la recherche de l'emplacement exact occupé par des balles de plomb, des éclats d'obus ou des substances métalliques dans le corps de personnes blessées par une arme à feu, et peut se considérer comme une forme de la balance d'induction bien connue du professeur Hughes.

» Cet explorateur permet de déterminer cette position avec une précision la plupart du temps très grande, et cela sans aucune douleur pour le patient, ce qui n'est pas le cas lorsqu'on se sert de sondes métalliques qui doivent être amenées en contact direct avec le projectile.

» L'instrument se compose essentiellement (*fig.* 1) d'un système de deux bobines plates A et B, parallèles et superposées en partie l'une à l'autre, de manière que le bord de chacune d'elles passe auprès de l'axe de l'autre. L'une de ces bobines est faite de fil gros, c'est le circuit primaire; l'autre de fil fin, c'est le circuit secondaire. L'ensemble des bobines est noyé dans une masse de paraffine et placé à l'intérieur d'une planchette en bois, munie d'une poignée. Un courant vibratoire, provenant d'une pile, tra-

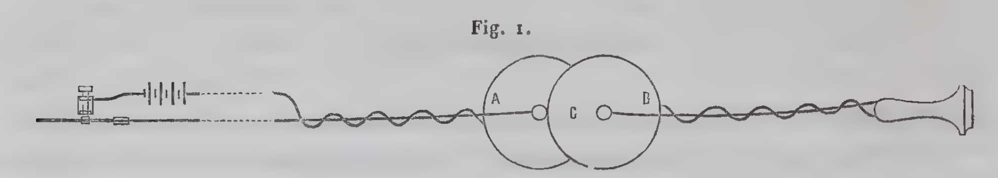
---

([1]) Cet instrument a pour origine les recherches exécutées dans le laboratoire Volta, à Washington, à l'occasion du triste attentat commis sur la personne du président Garfield. Je compte publier prochainement un Mémoire qui donnera une description complète de ces recherches, dont la présente Note n'est qu'une sorte de préliminaire. Divers savants ont bien voulu me faire parvenir leurs conseils et leurs avis sur des méthodes d'exploration pour le même objet. Je tiens à citer entre autres le professeur Hughes, George M. Hopkins, Sumner Tainter, Thomas Gleeson, D[r] Chichester, A. Bell, Charles E. Buell, professeur Simon Newcombe, professeur H.-A. Rowland, M. Rogers, professeur John Trowbridge, J.-H.-C. Watts, le directeur de la *Western Union telegraph Company*, à Washington, le correspondant de la *Tribune*, de New-York, à Washington.

verse la première bobine, tandis que le circuit de la seconde comprend un téléphone ordinaire.

» Dans ces conditions, aucun son ne sera perçu dans le téléphone. Mais si l'on approche de la partie commune C aux deux bobines un corps métallique quelconque, le silence fera place aussitôt à un son dont l'inten-

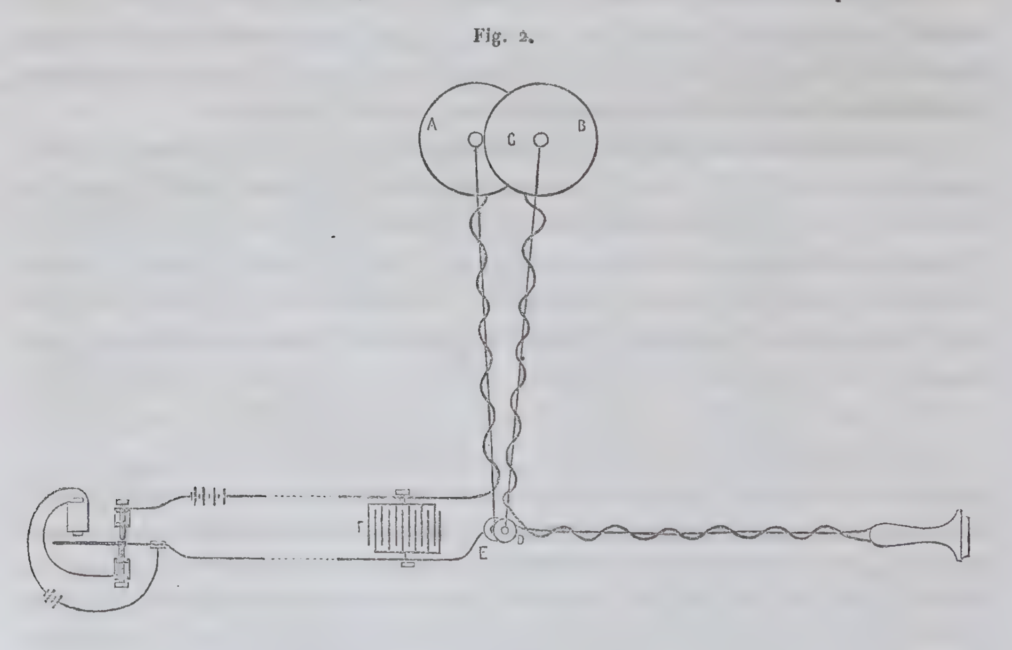
Fig. 1.




sité dépendra de la nature et de la forme de ce corps métallique et aussi de sa distance. Remarquons, à ce propos, que la forme la plus favorable serait, pour le projectile exploré, celle d'un disque plat parallèle à la surface de la peau, et que la plus défavorable serait celle d'un disque semblable perpendiculaire à cette même surface.

» Il est difficile, dans la pratique, de réaliser la superposition exacte et convenable des bobines, aussi convient-il d'intercaler respectivement

Fig. 2.




dans les circuits primaire et secondaire deux nouvelles bobines D et E (*fig.* 2), analogues aux premières, mais beaucoup plus petites, dont la surface commune peut être modifiée par le jeu d'une vis micrométrique.

On arrive très rapidement, au moyen de ce réglage, à réduire le téléphone au silence le plus complet.

» Il faut encore ajouter que l'introduction d'une capacité électrostatique F dans le circuit primaire procure des effets de beaucoup supérieurs à ceux qu'on obtiendrait autrement, ainsi que cela a été indiqué aussi par M. le professeur Rowland, de l'Université Johns Hopkins.

» Si l'on veut déterminer la profondeur à laquelle se trouve la masse métallique, cela est facile si l'on connaît *a priori* sa forme, son mode de présentation et sa substance. Il suffit en effet de dérégler l'appareil, tandis qu'il est appliqué sur la peau, jusqu'à ramener le téléphone au silence; après quoi, retirant l'appareil, on en approche la masse auxiliaire, identique à celle explorée, jusqu'à reproduire à nouveau le silence, et la distance de cette masse à l'explorateur donne la mesure qu'il s'agit de déterminer.

» Je termine cette Note par la relation d'une expérience faite dans le cabinet du Dr Franck Hamilton, à New-York, le 7 octobre dernier, en présence de treize chirurgiens de la plus grande habileté [1].

» Cette expérience a porté sur la personne du colonel B.-T. Clayton, blessé en 1862. La balle était entrée, par devant, dans l'articulation de la clavicule gauche, qu'elle avait fracturée. Les docteurs Swinburn et Wanderpool supposaient qu'elle s'était logée sous le scapulum; mais mon appareil a démontré, au contraire, qu'elle se trouvait en avant et au-dessous de la troisième côte. »

## MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *De la nature parasitaire des accidents de l'impaludisme.* Note de M. A. LAVERAN.

« Il existe, dans le sang des malades atteints d'impaludisme, des éléments parasitaires qui se présentent sous les aspects suivants :

» 1° Éléments cylindriques, effilés à leurs extrémités, presque toujours incurvés en croissant. La longueur de ces corps est de $0^{mm},008$ à $0^{mm},009$; leur largeur, de $0^{mm},003$ en moyenne. Les contours sont indiqués par une ligne très fine; le corps est transparent, incolore, sauf à la partie moyenne,

---

[1] MM. G.-H. Gardner, G. Durant, Ed. Birmingham, N. Bozeman, L. Damainville, J.-N. Hinton, Francis Delagield, F.-H. Hamilton, D. Chamberlain, Elias Marsh, J.-G. Johnson, Joseph Halderson, J.-G. Allan.

où il existe une tache noirâtre, constituée par des granulations pigmentaires d'un rouge feu très sombre; on aperçoit souvent, du côté de la concavité, une ligne très fine qui semble relever les extrémités du croissant. Ces éléments ne paraissent pas doués de mouvement. Ils ont parfois une forme ovalaire; lorsque l'ovale est très peu allongé et que les grains pigmentés se disposent en cercle, ces corps se rapprochent beaucoup des suivants.

» 2° Éléments sphériques, transparents, du diamètre des hématies en moyenne, renfermant des grains pigmentés qui, à l'état de repos, dessinent souvent un cercle assez régulier. A l'état de mouvement, ces grains pigmentés s'agitent très vivement, et leur disposition devient par suite irrégulière. De plus, on aperçoit souvent, sur les bords des sphères transparentes, des filaments très fins qui semblent s'y insérer et qui sont animés, dans tous les sens, de mouvements très rapides.

» La longueur de ces filaments mobiles peut être évaluée à trois ou quatre fois le diamètre d'une hématie; leur nombre paraît assez variable. J'en ai compté souvent trois ou quatre autour d'un même corps sphérique, auquel ils communiquaient un mouvement oscillatoire, en même temps qu'ils déplacaient dans tous les sens les hématies voisines. L'extrémité libre des filaments est légèrement renflée. A l'état de repos, les filaments ne sont pas visibles, à cause de leur ténuité et de leur transparence parfaite.

» Les filaments mobiles finissent par se détacher des corps sphériques, pigmentés; après cette séparation, ils continuent à s'agiter, et ils circulent librement au milieu des hématies.

» 3° Éléments sphériques ou de forme irrégulière, transparents ou finement granuleux, de $0^{mm},008$ à $0^{mm},010$ de diamètre, renfermant des grains pigmentés, arrondis, d'un rouge feu très sombre, qui tantôt sont disposés assez régulièrement à la périphérie, tantôt s'agglomèrent, soit au centre, soit sur un point périphérique. Ces corps sont immobiles, ainsi que les grains pigmentés qu'ils renferment. Si l'on observe un corps sphérique, transparent, renfermant des grains pigmentés mobiles et muni de filaments mobiles, jusqu'au moment où les mouvements cessent, on le voit prendre alors l'aspect des éléments décrits ci-dessus, d'où l'on peut conclure que ces éléments ne représentent, pour ainsi dire, que la forme cadavérique des précédents. Ces éléments n'ont pas de noyau et se colorent très difficilement par le carmin, ce qui permet de les distinguer des leucocytes mélanifères avec lesquels ils ont été confondus jusqu'ici.

» 4° Éléments sphériques transparents, renfermant, comme les éléments décrits plus haut (2°), des grains pigmentés immobiles ou mobiles, mais

d'un diamètre bien moindre que celui de ces corps. Les plus petits de ces éléments ont à peine le sixième du diamètre d'une hématie et ne renferment qu'un ou deux grains pigmentés; les plus gros se rapprochent du diamètre des hématies. Ces corps, tantôt isolés, tantôt réunis au nombre de quatre, tantôt libres dans le sang, tantôt accolés à des hématies ou à des leucocytes, ne paraissent représenter qu'une des phases du développement des éléments parasitaires décrits plus haut.

» La nature animée des corps sphériques renfermant des grains pigmentés mobiles et munis de filaments périphériques mobiles est indiscutable. Je suppose qu'il s'agit d'un animalcule qui vit d'abord à l'état d'agglomération, d'enkystement, et qui, à l'état parfait, devient libre sous forme de filaments mobiles. Il y a, chez les protistes, de nombreux exemples de ces différents états d'un même être.

» Outre les éléments décrits ci-dessus, on rencontre souvent, dans le sang des malades atteints de fièvre palustre :

» 1° Des hématies qui paraissent trouées sur un ou plusieurs points et qui renferment des granulations pigmentaires;

» 2° Des leucocytes mélanifères;

» 3° Des grains pigmentés, de volume variable, libres dans le sang. Ces grains pigmentés libres proviennent vraisemblablement de la destruction des éléments parasitaires; ils sont recueillis par les leucocytes, comme il arrive pour toutes les matières pulvérulentes introduites dans le sang.

» Il y a un an déjà que j'ai découvert, dans le sang des malades atteints de fièvre palustre, les éléments parasitaires décrits ci-dessus; depuis lors, j'ai recueilli les observations de cent quatre-vingt-douze malades atteints des différentes formes de l'impaludisme : fièvre intermittente ou continue, accidents pernicieux, cachexie palustre; j'ai constaté l'existence des éléments parasitaires chez cent quarante-huit de ces malades ([1]).

» Dans la plupart des cas où l'examen a été négatif, les malades avaient subi un traitement plus ou moins prolongé par le sulfate de quinine, ce qui explique suffisamment l'absence des éléments parasitaires dans le sang. Ces éléments sont tués par le sulfate de quinine, ainsi que j'ai pu m'en

---

([1]) Ces malades avaient contracté la fièvre palustre sur les points les plus variés de l'Algérie et de la Tunisie; quelques-uns même étaient arrivés depuis peu de France ou de Corse avec les fièvres. Je me suis assuré, par de nombreuses observations, que les éléments parasitaires du sang, décrits ci-dessus, ne se retrouvaient jamais chez les malades atteints d'affections étrangères à l'impaludisme.

assurer directement, en mélangeant une goutte de sang renfermant des parasites avec une goutte d'une solution faible de sulfate de quinine.

» L'examen a toujours été fait sur du sang pur, obtenu par la piqûre d'un des doigts; des précautions minutieuses ont été prises pour prévenir l'introduction de corps étrangers dans les préparations.

» En général, les éléments parasitaires ne se trouvent qu'à certains moments dans le sang ainsi obtenu; c'est un peu avant les accès de fièvre et au début de ces accès qu'on a le plus de chances de les y rencontrer. Chez les malades atteints de fièvre palustre rebelle, les parasites existent quelquefois en permanence dans le sang; ils disparaissent rapidement sous l'influence de la médication quinique.

» Dans les intervalles d'apyrexie qui séparent les paroxysmes fébriles, les parasites séjournent probablement dans les organes internes, notamment dans la rate et dans le foie.

» Chez les individus qui succombent à l'impaludisme, on trouve toujours dans le sang, et principalement dans les petits vaisseaux de la rate et du foie, des éléments pigmentés en grand nombre. Dans le cas où la mort survient à la suite d'accidents pernicieux, les éléments pigmentés existent en si grande quantité dans le sang, que la rate, le foie, la moelle des os, parfois même la substance grise du cerveau, prennent une teinte brunâtre, ardoisée, absolument caractéristique. Il paraît évident que ces éléments pigmentés, qui remplissent les vaisseaux capillaires au point de les obstruer, dérivent des éléments parasitaires, qui meurent en même temps que l'individu dans le sang duquel ils se trouvaient, et qui se déforment alors au point de devenir méconnaissables.

» *Conclusion.* — Les accidents de l'impaludisme sont produits par l'introduction, dans le sang, d'éléments parasitaires qui se présentent sous les différents aspects décrits ci-dessus; c'est parce qu'il tue ces parasites que le sulfate de quinine fait disparaître les accidents de l'impaludisme. »

HYDROGRAPHIE. — *Note sur la qualité des eaux de l'Isère, au point de vue du projet d'un canal d'irrigation du Rhône.* Note de M. Ar. Dumont. (Extrait.)

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

« Dans une Note adressée, il y a quelque temps, à l'Académie des Sciences, M. Paul de Gasparin fait une comparaison entre les eaux de la Durance et celle de l'Isère. Je crois devoir faire remarquer à cet égard que,

autant les eaux de la Durance sont bonnes pour l'irrigation, autant celles de l'Isère sont nuisibles.

» Depuis bien longtemps déjà, les eaux de l'Isère ont été l'objet d'analyses, dont on trouve les résultats dans l'*Annuaire des eaux de France* pour l'année 1851. Ces analyses montrent que les eaux de l'Isère, soit qu'elles proviennent des portions de la vallée où elles ont couru sur le terrain talqueux (gneiss et schistes talqueux), ou sur le terrain anthracifère, ou encore sur les terrains crétacés et néocomiens, renferment des portions très notables de sel de soude, chlorures et sulfates. Ces sels dominent dans les terrains talqueux et surtout dans les terrains anthracifères; la quantité absolue des sulfates dans ce dernier terrain est beaucoup plus élevée. Les sels de magnésie se rencontrent avec une constance remarquable dans le terrain talqueux et dans le terrain anthracifère; ils varient en quantité relative de 19 à 23 pour 100 sur les roches et les schistes granitoïdes.

» C'est à la présence de ces sels que l'eau de l'Isère doit cet aspect trouble et noirâtre qui la caractérise; c'est à ces sels qu'elle doit d'être absolument impropre à l'irrigation. Ces sels sont mélangés si intimement à l'eau, qu'ils ne sont pas susceptibles d'être déposés par un long parcours ou le repos.

» Ainsi s'explique la répugnance que, depuis des siècles, les agriculteurs de l'Isère éprouvent pour l'emploi de ses eaux.

» On peut se demander comment cette mauvaise qualité des eaux de l'Isère concorde avec la fertilité proverbiale de la vallée du Grésivaudan. L'explication de cette apparente contradiction nous est donnée par un ingénieur qui a passé une grande partie de sa carrière dans cette vallée et y a exécuté d'importants travaux, M. Montrond.

« Il faut, dit-il, qu'on sache que l'Isère n'est point une de ces rivières dont les eaux fécondantes sont recherchées par l'agriculteur; de ces rivières qui sont bordées d'une large zone de prairies, pour lesquelles la submersion par des eaux chargées de limon est un véritable bienfait.

» Sans doute, les dépôts de l'Isère sont précieux, et la fertilité de la vallée du Grésivaudan est proverbiale, même hors des limites du Dauphiné.

» Mais ce n'est pas dès leur formation que ces dépôts, composés de sables et de débris calcaires schisteux de la Haute-Savoie, ont déjà acquis cette grande valeur. C'est seulement après avoir porté, pendant dix ou quinze ans, des bois et des broussailles, après s'être engraissés par la décomposition des feuilles et des autres produits végétaux qui les ont recouverts, après avoir été abondamment fumés, que ces dépôts sont susceptibles d'être défrichés et livrés à la culture.

» Or, dès que ce résultat est accompli, le propriétaire n'a pas de plus grand soin que de mettre son champ à l'abri des inondations; car, à cause de la nature des troubles et de

leur trop grande abondance, à cause de la coïncidence de la crue permanente d'été avec l'époque des récoltes, à cause de la culture des chanvres, le produit le plus précieux de la vallée, ces inondations, lors même qu'elles n'ont pas pour effet de sillonner le sol par des courants destructeurs et qu'elles se réduisent à une submersion par des eaux tranquilles, sont encore très nuisibles.

» Il n'y a point d'exception pour les prairies, qui sont rares sur les bords de l'Isère, et que nous ne sachons pas être, nulle part, arrosées par les eaux de cette rivière.

» Les bois seuls ou vernaies et oseraies, qui couvraient autrefois la plus grande partie de la plaine, seraient compatibles avec une submersion fréquente. L'insubmersibilité absolue doit donc être le but définitif des travaux entrepris par les riverains de l'Isère, et c'est, en effet, dans ce système que s'exécute l'endiguement de cette rivière, tant en France qu'en Savoie. »

» En citant cette opinion, dans son Mémoire sur l'endiguement de l'Isère et l'assainissement de la vallée de Grésivaudan, M. Cunit ajoute :

« Tout cela est incontestable pour quiconque a seulement parcouru la vallée de l'Isère. »

» Comment songer, dès lors, à constituer à grands frais un canal d'irrigation alimenté sur la rive gauche du Rhône, exclusivement avec des eaux de l'Isère?

» A la rigueur, pourrait-on encore tolérer un certain mélange d'eau du Rhône et d'eau de l'Isère, de manière à constituer une eau se rapprochant de l'eau du Rhône à l'aval de l'Isère. Mais ce mélange ôterait au canal une grande partie de son utilité.

» En tout cas, il n'y a aucune comparaison à établir entre les eaux de l'Isère et celles de la Durance. A mon sens, un canal d'irrigation alimenté exclusivement en eau de l'Isère serait absolument défectueux au point de vue agricole. »

M. A. Letellier adresse, par l'entremise du Ministère de l'Intérieur, une Note sur les précautions à prendre pour éviter les falsifications du lait.

(Renvoi à la Commission des Arts insalubres.)

M. Duponchel adresse une Note concernant l'influence du mouvement des grosses planètes dans la périodicité des taches solaires.

(Commissaires : MM. Faye, Tisserand.)

## CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une configuration de quinze cercles et sur les congruences linéaires de cercles dans l'espace.* Note de M. C. STEPHANOS, présentée par M. C. Jordan.

« La configuration (C) de quinze cercles C de l'espace situés par trois sur quinze sphères S, dont nous avons indiqué un mode de formation dans une Communication précédente [1], jouit d'une série de propriétés bien remarquables, dont nous nous proposons de présenter ici quelques-unes, pouvant servir à caractériser le rôle de cette configuration dans la géométrie des cercles dans l'espace.

» Les quinze cercles C seront encore représentés par les combinaisons de six indices 0, 1, 2, 3, 4, 5 pris deux à deux, de telle manière que deux cercles situés sur une même sphère aient des symboles ne présentant aucun indice commun. Cinq cercles C, représentés par des symboles ayant un indice $i$ en commun, formeront alors un *pentacycle*, figure symétrique déterminée par quatre quelconques de ses cercles, dont nous avons donné la définition dans la Note mentionnée.

1. On peut former avec des cercles de la configuration (C) vingt triples $ijk$, renfermant trois sphères $jk$, $ki$, $ij$. Ces vingt triples se rangent à leur tour en dix couples ($ijk$, $lmn$).

» Les cercles de deux triples associés ($ijk$, $lmn$) sont orthogonaux à une même sphère T. *Les plans des cercles* C *se coupent donc par groupes de six suivant les centres des dix sphères* T.

» 2. On peut réunir par trois les quinze cercles C sur cinq sphères S de six manières différentes.

» Soient $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta$ les six groupes de cinq sphères auxquels on est conduit ainsi. Chaque sphère S appartient à deux de ces groupes; de sorte que l'on peut attribuer à ces sphères les symboles $\alpha\beta$, $\alpha\gamma$, .... Deux de ces sphères se coupent suivant un des cercles C, toutes les fois que leurs symboles n'ont aucun indice en commun. Les cercles C peuvent donc être aussi représentés par les symboles $\alpha\beta \,.\, \gamma\delta \,.\, \varepsilon\zeta$ ....

» 3. La configuration (C) peut être déduite aisément d'un système de

---

[1] *Comptes rendus*, séance du 17 octobre, p. 578-580.

six sphères $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\delta$, $\varepsilon$, $\zeta$, correspondant aux six groupes de sphères que nous venons de désigner par les mêmes lettres.

» *En partant, en effet, des six sphères $\alpha, \beta, \ldots, \zeta$, que l'on peut choisir tout à fait arbitrairement, on obtient les quinze cercles $\alpha\beta.\gamma\delta.\varepsilon\zeta\ldots$, de la configuration* (C), *en combinant ces six sphères de toutes les manières possibles en trois couples, et en déterminant pour chacune de ces combinaisons le cercle coupant en deux points chacun des trois cercles intersections des sphères associées* ([1]).

» 4. *Il y a une surface $S^6$ du sixième ordre, ayant le cercle imaginaire à l'infini pour ligne triple, qui contient tous les cercles de la configuration* (C)([2]). Les points de cette surface peuvent être associés en couples $(M, M_i)$ de six manières différentes, correspondant aux six pentacycles $i$. *Les sphères qui joignent un point quelconque M de la surface $S^6$ aux cercles d'un pentacycle $i$ passent aussi par un autre point de $S^6$ qui est l'associé $M_i$ de M.*

» 5. On peut aussi arriver à la surface $S^6$, liée à une configuration (C), en partant de la considération d'une *congruence linéaire* de cercles, c'est-à-dire du système doublement infini des cercles communs à quatre complexes linéaires.

» Appelons, pour abréger, *pôles* d'un cercle les centres des deux sphères de rayon nul qui passent par ce cercle; de même, *cercle équatorial* d'un couple de points, le cercle dont les pôles coïncident avec ces points.

» *Il y a dans l'espace cinq couples de points pouvant être réunis par des sphères à chacun des cercles d'une congruence linéaire. Les cercles équatoriaux de ces cinq couples de points forment un pentacycle. La surface $S^6$, liée à la configuration* (C) *déterminée par ce pentacycle, est le lieu des pôles des cercles de la congruence.*

» 6. Réciproquement, étant donnée la surface $S^6$ liée à une configuration (C), chaque système de points associés $i$ de cette surface conduit à une congruence linéaire de cercles, formée par les cercles équatoriaux des couples de points associés du système.

» Les faisceaux des sphères passant par les cercles des six congruences $i$ engendrent un seul et même complexe U de sphères, dans lequel sont

---

(1) Si $X_\alpha = 0$, $X_\beta = 0, \ldots, X_\zeta = 0$ sont les équations des sphères $\alpha, \beta, \ldots \zeta$, et qu'on suppose $\Sigma X = 0$, les sphères S, $(\alpha\beta, \alpha\gamma, \ldots)$, auront pour équations $X_\alpha + X_\beta = 0$, $X_\alpha + X_\gamma = 0, \ldots$, tandis que les cercles C, $(\alpha\beta.\gamma\delta.\varepsilon\zeta.\ldots)$, seront donnés par les équations $X_\alpha + X_\beta = X_\gamma + X_\delta = X_\varepsilon + X_\zeta = 0, \ldots$.

(2) D'après les notations que nous venons d'employer, la surface $S^6$ a pour équation $X_\alpha^3 + X_\beta^3 + \ldots + X_\zeta^3 = 0$.

aussi contenus les quinze réseaux des sphères passant par les pôles des cercles C (ou bien orthogonales aux cercles C). Il n'y a que trois sphères de ce complexe qui passent par un cercle arbitraire de l'espace.

» 7. Les plans des cercles des six congruences $i$ enveloppent une même surface de la troisième classe. Sur cette surface sont situés les axes des quinze cercles C, lesquels axes se rencontrent par trois aux centres des quinze sphères S. Le double-six formé par les douze droites restantes de cette surface est constitué par six couples de droites, appuyées respectivement sur les axes des cercles des six pentacycles $i$.

» 8. Une sphère arbitraire de l'espace ne contient que deux couples de chacun des systèmes de points associés de S. Aussitôt que les deux couples de l'un de ces systèmes, situés sur une sphère, coïncident, il en est de même pour les deux couples de chacun des autres systèmes, situés sur la même sphère; les cercles équatoriaux des six couples de points associés, situés sur une pareille sphère $\nu$, sont situés sur une même sphère du complexe U.

» Les sphères $\nu$, qui ont cette propriété, forment un complexe V, contenant aussi toutes les sphères passant par les divers cercles C. Par chaque cercle de l'espace passent quatre sphères de ce complexe V.

» La surface du huitième ordre, lieu des centres des sphères de rayon nul contenues dans le complexe V, a la propriété d'être touchée en quatre points par chacun des cercles des six congruences $i$. Cette surface est aussi touchée par chacune des dix sphères T (n° 1) tout le long d'une biquadratique. Elle a de plus le cercle imaginaire à l'infini pour ligne quadruple, et admet pour points doubles les pôles des quinze cercles C.

» 9. *Les droites déterminées par les divers couples de points associés $i$ de* $S^6$ *forment une congruence générale du troisième ordre et de la seconde classe. Les six congruences de droites ainsi obtenues ont pour surface focale une même surface du sixième ordre et de la quatrième classe.* Le plan de chacun des cercles C touche cette surface suivant une conique. Cette surface a, de plus, pour points doubles, les centres des dix sphères T (n° 1).

» Toute sphère passant par un des cercles C, $ij$, coupe la surface $S^6$ suivant une biquadratique variable dont les points sont deux à deux associés d'après les systèmes $i$ et $j$. Les droites déterminées par les divers couples de points $i$ d'une pareille biquadratique sont les génératrices d'une surface du second degré, dont les directrices coïncident avec les droites déterminées par les couples de points $j$ de cette même biquadratique.

» De cette manière on retrouve les diverses distributions des droites de chacune des congruences $i$ en génératrices de quadriques [1], et l'on est amené à plusieurs autres propriétés de ces congruences de droites. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie mathématique du mouvement vibratoire des cloches.* Mémoire de M. É. MATHIEU. (Extrait par l'auteur.)

« La théorie mathématique du mouvement vibratoire des cloches n'avait pas été étudiée jusqu'à présent ; je vais donner les équations différentielles de ce mouvement.

» En un point M quelconque du méridien moyen de la cloche, élevons une normale, désignons par $n$ la longueur de la normale terminée à l'axe, par $r$ le rayon de courbure, par $\eta$ l'épaisseur variable, par $\varphi$ le complément de l'angle de la normale avec l'axe, par $\psi$ l'angle du méridien de M avec un méridien fixe ; représentons par $x$, $y$, $z$ les composantes de la vibration du point M respectivement suivant la tangente au méridien, la tangente au parallèle et la normale. Dans un mouvement vibratoire simple de la cloche, $x$, $y$, $z$ seront fournis par les formules

$$\begin{aligned} x &= \mathrm{x}(\mathrm{A}\sin m\psi + \mathrm{B}\cos m\psi)\cos h t,\\ y &= \mathrm{y}(\mathrm{A}\cos m\psi - \mathrm{B}\sin m\psi)\cos h t,\\ z &= \mathrm{z}(\mathrm{A}\sin m\psi + \mathrm{B}\cos m\psi)\cos h t, \end{aligned}$$

où $m$ est entier, et où X, Y, Z ne dépendent plus que de $\varphi$. Les quantités X, Y, Z satisfont à des équations différentielles que je vais définir. Posons, $a$, $\mu$ étant des coefficients constants,

$$\begin{aligned} \mathrm{V} &= \frac{a}{r}\left(\frac{d\mathrm{x}}{d\varphi} + \mathrm{z}\right) + (a-2)\left(\frac{-m}{n\cos\varphi}\mathrm{y} + \frac{\mathrm{z}}{n} - \frac{\mathrm{x}}{n}\operatorname{tang}\varphi\right),\\ \mathrm{W} &= \frac{a-2}{r}\left(\frac{d\mathrm{x}}{d\varphi} + \mathrm{z}\right) + a\left(\frac{-m}{n\cos\varphi}\mathrm{y} + \frac{\mathrm{z}}{n} - \frac{\mathrm{x}}{n}\operatorname{tang}\varphi\right),\\ \mathrm{U} &= \frac{m}{n\cos\varphi}\mathrm{x} + \frac{\mathrm{y}}{n}\operatorname{tang}\varphi + \frac{1}{r}\frac{d\mathrm{x}}{d\varphi}, \end{aligned}$$

---

[1] Étudiées récemment par M. W. Sthal (*Journal für die r. und a. Mathematik*, t. XCI, p. 1-22, 1881.

et nous aurons ces trois équations :

$$Vn + Wr - rn\frac{D}{\mu}h^2 z = 0,$$

$$\frac{1}{\eta r}\frac{d}{d\varphi}(Vn\eta\cos\varphi) + W\sin\varphi - mU + n\cos\varphi\frac{D}{\mu}h^2 x = 0,$$

$$mW + \frac{1}{\eta r}\frac{d}{d\varphi}(Un\eta\cos\varphi) - U\sin\varphi + n\cos\varphi\frac{D}{\mu}h^2 y = 0;$$

les deux conditions relatives au bord sont que U et V y sont nuls.

» Il existe une différence essentielle entre le mouvement vibratoire d'une cloche et celui d'une plaque plane. Dans une plaque plane, le mouvement *longitudinal* et le mouvement *transversal* sont fournis par des équations distinctes. Dans une cloche, au contraire, le mouvement normal et le mouvement tangentiel sont donnés par trois équations qui ne sont pas indépendantes et rendent un même son. Contrairement aussi à ce qui a lieu pour une plaque plane, la hauteur des sons d'une cloche ne change pas quand son épaisseur varie partout dans un même rapport, les termes qui dépendent du carré de l'épaisseur dans les équations différentielles étant en général très petits et négligeables; c'est du moins ce qui aura lieu quand on ne considérera que les sons les plus graves qu'une cloche peut rendre.

» J'ai reconnu qu'il est impossible de choisir la forme du méridien d'une cloche et la variation de son épaisseur, de manière que la cloche ne vibre que normalement, et quand une cloche vibre par les coups du battant, les vibrations tangentielles sont, en général, du même ordre de grandeur que les vibrations normales.

» Étant donnée une cloche de forme quelconque, on peut, en en frottant le bord, développer un mouvement vibratoire facile à calculer.

» J'ai examiné s'il était possible de choisir le méridien d'une cloche de manière qu'on pût lui communiquer un mouvement vibratoire tangentiel sans être tournant; j'ai démontré que cela n'est possible que pour une cloche sphérique d'épaisseur constante.

» J'ai intégré les équations différentielles du mouvement vibratoire le plus général d'une cloche sphérique.

» Imaginons qu'une cloche s'évase fortement et se change en une calotte de révolution très aplatie; à la limite, lorsque le méridien se réduira à une droite, les équations du mouvement devront, si l'épaisseur est constante, se changer en celles de M. Kirchhoff. On comprend donc que, pour une plaque de révolution très aplatie, il faudra tenir compte des termes qui dé-

pendent du carré de l'épaisseur. C'est pourquoi j'ai calculé ces termes; mais, comme leur recherche est fort compliquée, je les ai déterminés en supposant l'épaisseur partout la même. Après avoir intégré, pour une cloche de forme déterminée, les équations différentielles que j'ai données, on pourra vérifier que ces termes y sont effectivement négligeables. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'électrolyse de l'eau.* Note de M. D. TOMMASI.

« On sait qu'un élément voltaïque formé d'une lame de zinc et d'une lame de charbon ou de cuivre plongeant dans de l'acide sulfurique étendu est incapable de décomposer l'eau, quelque grande que soit la surface de cet élément, tandis que la décomposition de l'eau a lieu aisément si l'on emploie deux petits éléments zinc-cuivre ou zinc-charbon et acide sulfurique étendu. Je me propose dans cette Note de démontrer qu'il est possible de décomposer l'eau en n'employant qu'un seul élément.

» Voici les expériences que j'ai faites à ce suiet :

*Elément zinc-charbon + acide sulfurique étendu.*

| | |
|---|---|
| Platine +<br>Platine — | L'eau n'est pas décomposée, ce qui est conforme à la théorie. |
| Cuivre +<br>Cuivre — | Dégagement d'hydrogène au pôle négatif. |

» On obtient les mêmes résultats en employant des électrodes en argent ou en étain. Avec les électrodes en plomb on ne constate pas d'effets bien prononcés.

| | |
|---|---|
| Platine — . . . . . | Dégagement d'hydrogène au pôle négatif. |
| Cuivre + . . . . . | Autour du cuivre on n'observe pas de bulles gazeuses; le cuivre se dissout en se transformant en sulfate qui se décompose aussitôt et dont le cuivre vient se déposer sur le platine, sans que pour cela le dégagement de gaz cesse d'avoir lieu au pôle négatif. |

» En substituant au cuivre l'argent, le plomb ou l'étain, on observe toujours la décomposition de l'eau.

» L'eau n'est pas décomposée, si le platine est au pôle positif.

» Si l'on prend l'argent comme pôle négatif, et le cuivre, le plomb ou l'étain comme électrode négative, on peut aussi décomposer l'eau.

» La décomposition de l'eau par la pile n'a pas lieu si l'argent est au pôle positif de la pile.

| | |
|---|---|
| Cuivre + <br> Plomb — | Dégagement du gaz au pôle négatif. |
| Cuivre — <br> Plomb + | Pas de décomposition de l'eau. |

» Si, au lieu du plomb, on prend de l'étain, on obtient un effet inverse, c'est-à-dire que l'eau est décomposée si le cuivre est négatif, et qu'elle ne l'est pas si le cuivre est positif

» Un élément zinc-cuivre, même de petite dimension, est capable de décomposer l'eau, pourvu qu'on se place dans les mêmes conditions que dans les expériences précédentes, seulement les effets obtenus sont moins intenses qu'avec le couple zinc-charbon.

» Dans un prochain Mémoire, j'espère être à même de donner quelques explications sur les singuliers phénomènes dont je viens de parler et qui sont, pour le moment, tout à fait en désaccord avec la théorie thermochimique de la pile. Quant à présent, voici les seules conclusions que l'on peut déduire des nombreuses expériences que j'ai faites à ce sujet :

» 1° Un élément zinc-cuivre ou zinc-charbon qui plonge dans de l'acide sulfurique étendu ne décompose pas l'eau, conformément à la théorie, si les deux électrodes sont en platine ;

» 2° Pour que la décomposition de l'eau puisse avoir lieu, il faut que l'électrode positive soit formée par un métal qui, sous l'influence du courant voltaïque, soit capable de se combiner à l'oxygène de l'eau. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une boussole de proportion, destinée à la mesure des résistances*. Note de M. J. Carpentier, présentée par M. Cornu.

« L'étude et la comparaison des instruments de mesure dont l'électricien dispose montrent, dans le galvanomètre différentiel et dans l'électrodynamomètre, deux exemples d'appareils dont les indications sont proportionnelles, pour l'un, à la somme ou à la différence, pour l'autre, au produit de deux courants.

» En suivant cet ordre d'idées, j'ai cherché les conditions à réaliser pour obtenir le quotient ou le rapport de deux intensités, et les conclusions auxquelles je suis parvenu m'ont mis en possession d'un instrument dont les propriétés servent de base à une méthode d'expérimentation applicable à un certain nombre de cas.

» Pour faire d'abord juger de l'intérêt de cette méthode, je dirai qu'elle permet, entre autres applications, de déterminer instantanément, par une simple lecture, la résistance d'un circuit, et qu'elle est susceptible de restreindre, dans une large mesure, l'emploi des caisses d'étalons gradués, outils fort coûteux et jusqu'à présent indispensables.

» *Boussole des rapports ou de proportion.* — Qu'on imagine, à la surface d'une sphère, dont nous prendrons le diamètre vertical comme axe polaire, deux circuits identiques, disposés suivant la circonférence de deux méridiens, dont les plans forment entre eux un dièdre droit.

» Un courant passant par l'un des circuits exerce sur un pôle magnétique, situé au centre de la sphère, une force normale au plan de ce circuit, et proportionnelle à sa propre intensité.

» Un autre courant, traversant le second circuit, déterminera, au centre de la sphère, une deuxième force perpendiculaire à la première.

» Ces deux forces, agissant simultanément, se composeront : la direction de la résultante ne dépendra que du rapport des deux intensités, et ce rapport de grandeur de l'une des composantes à l'autre sera précisément mesuré par la tangente trigonométrique de l'angle $\alpha$, formé par la résultante et la seconde composante. Or, supposons tendu, suivant l'axe polaire de la sphère, un fil sans torsion, et, fixé sur ce fil, perpendiculairement en son milieu, une très courte aiguille aimantée. Cette aiguille, ainsi suspendue au centre de la sphère, sera libre de tourner dans le plan de son équateur; sous la double action des courants, elle se placera suivant la direction de la résultante des forces qu'ils déterminent ([1]).

» Rien ne sera plus facile que de mesurer l'angle $\alpha$, défini précédemment. Une lecture directe pourra même donner la valeur de la tangente.

» L'instrument fournit donc le rapport existant entre les intensités de deux courants. Je l'ai nommé *boussole des rapports ou de proportion*, pour rappeler qu'il indique la direction d'une force magnétique, et que cette direction dépend d'un rapport.

» *Mesure des résistances.* — Les deux circuits de la boussole étant identiques, un courant, appelé à se bifurquer entre eux, s'y divisera en deux courants rigoureusement égaux. Mais qu'on ajoute à l'un des circuits une résistance *à déterminer* ([2]), le partage du courant se fera dans une pro-

---

([1]) En supposant éliminée l'action terrestre.

([2]) Une autre méthode consisterait à ajouter en même temps à l'autre circuit une résistance connue de même ordre que la résistance inconnue, pour maintenir les lectures dans une partie de l'échelle, où elles sont plus commodes et plus exactes.

portion inverse des résistances. Or l'instrument donne le rapport d'intensité des courants dérivés ; il fournit donc le rapport des résistances, c'est-à-dire la valeur cherchée de la résistance inconnue, en fonction de la résistance connue des circuits de l'appareil.

» Pour la commodité des calculs, j'ai donné comme résistance aux circuits de ma première boussole la valeur de l'unité, un ohm. Cette constante de construction doit être appropriée à l'ordre de grandeur des résistances, à la mesure desquelles l'appareil sera destiné.

» En effet, les observations étant faites sur une échelle des tangentes, le calcul montre que l'erreur relative commise sur l'évaluation d'une résistance $x$ est proportionnelle à l'erreur relative de lecture proprement dite, et au facteur $\frac{R+x}{x}$, dans lequel R est la résistance commune aux deux circuits de la boussole.

» Ici, je placerai deux remarques intéressantes :

» 1° Si les résistances inconnues sont toujours ajoutées au même circuit de la boussole, le champ angulaire des lectures se réduit à 45°.

» 2° Les indications de l'appareil sont complètement indépendantes de l'intensité du courant employé.

» *Réglage de l'appareil.* — La boussole porte en elle-même les moyens de vérification qu'elle exige.

» 1° Les forces propres à chaque circuit doivent être perpendiculaires entre elles. La constatation est toute simple.

» 2° Ces deux forces doivent être égales pour une même intensité de courant. On fera simultanément traverser par un courant les deux circuits, réunis bout à bout : l'aiguille doit occuper les diagonales de l'angle formé par les deux positions qu'elle prendrait si le courant passait successivement dans chaque circuit. Si cette condition n'est pas remplie, on augmentera ou diminuera la longueur du fil enroulé sur l'un des cadres.

» 3° Les circuits doivent avoir même résistance. Un courant quelconque, se bifurquant entre eux, devra se partager en deux dérivations égales, et l'aiguille marquer une déviation de 45°.

» Si cette condition n'est pas remplie, on complètera, au circuit le moins résistant, la valeur qu'il doit atteindre par un fil extérieur au cadre, et, par conséquent, ne changeant pas l'action de ce circuit sur l'aiguille.

» *Influence du magnétisme terrestre.* — Pour éliminer l'action perturbatrice du magnétisme terrestre, il suffira : soit de placer le fil de suspension

de l'aiguille parallèlement aux lignes de force du champ terrestre; soit, l'appareil restant vertical, de ramener par une rotation, à chaque observation, l'aiguille en équilibre dans le plan du méridien magnétique.

» Dans des mesures approximatives, d'ailleurs, l'emploi de courants énergiques rendrait négligeable l'influence terrestre.

» Par des modifications faciles, l'appareil est immédiatement applicable aux courants alternatifs.

» Dans une prochaine Note, j'aurai l'honneur de communiquer à l'Académie les résultats des mesures faites avec l'instrument dont j'ai voulu seulement aujourd'hui décrire le principe. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la variation du nombre annuel des orages à Rio de Janeiro.* Note de M. L. CRULS, présentée par M. Faye au nom de Sa Majesté dom Pedro, empereur du Brésil.

« Occupé de réunir les matériaux destinés à servir de base à une étude sur la climatologie de Rio de Janeiro, je fus frappé de la notable variation que présente le nombre annuel des orages. Ainsi, en considérant la période qui s'étend de 1851 à 1876, soit un quart de siècle, ce nombre annuel oscille entre 11 et 49, et la série complète présente deux maxima et deux minima nettement accusés.

» On sait le rôle prépondérant que joue l'action électromagnétique du Soleil dans un grand nombre de phénomènes de la Physique du globe, et la relation évidente qui existe entre la périodicité de certains de ces phénomènes et celle des taches solaires; ces considérations m'amenèrent à rattacher la variation du nombre annuel des orages à cette même périodicité des taches, que, tout récemment encore, M. Gould, dans son excellent Ouvrage sur le climat de Buenos-Ayres, a montré exister également dans le nombre annuel des tourmentes ou bourrasques assez fréquentes dans ces parages.

» Il n'est pas à ma connaissance que des recherches aient été faites pour vérifier, en ce qui concerne les orages, la périodicité que l'on a constatée dans le nombre annuel des aurores. Quoi qu'il en soit, je ferai remarquer que des observations entreprises dans les régions tropicales doivent être plus fécondes en résultats, pouvant servir à l'éclaircissement de plusieurs faits relatifs au phénomène des orages, que celles faites dans les latitudes moyennes.

» Le diagramme ci-joint représente la courbe des variations du nombre annuel des orages à Rio de Janeiro, ainsi que celle de la périodicité des taches solaires, et son examen montre une concordance extrêmement no-

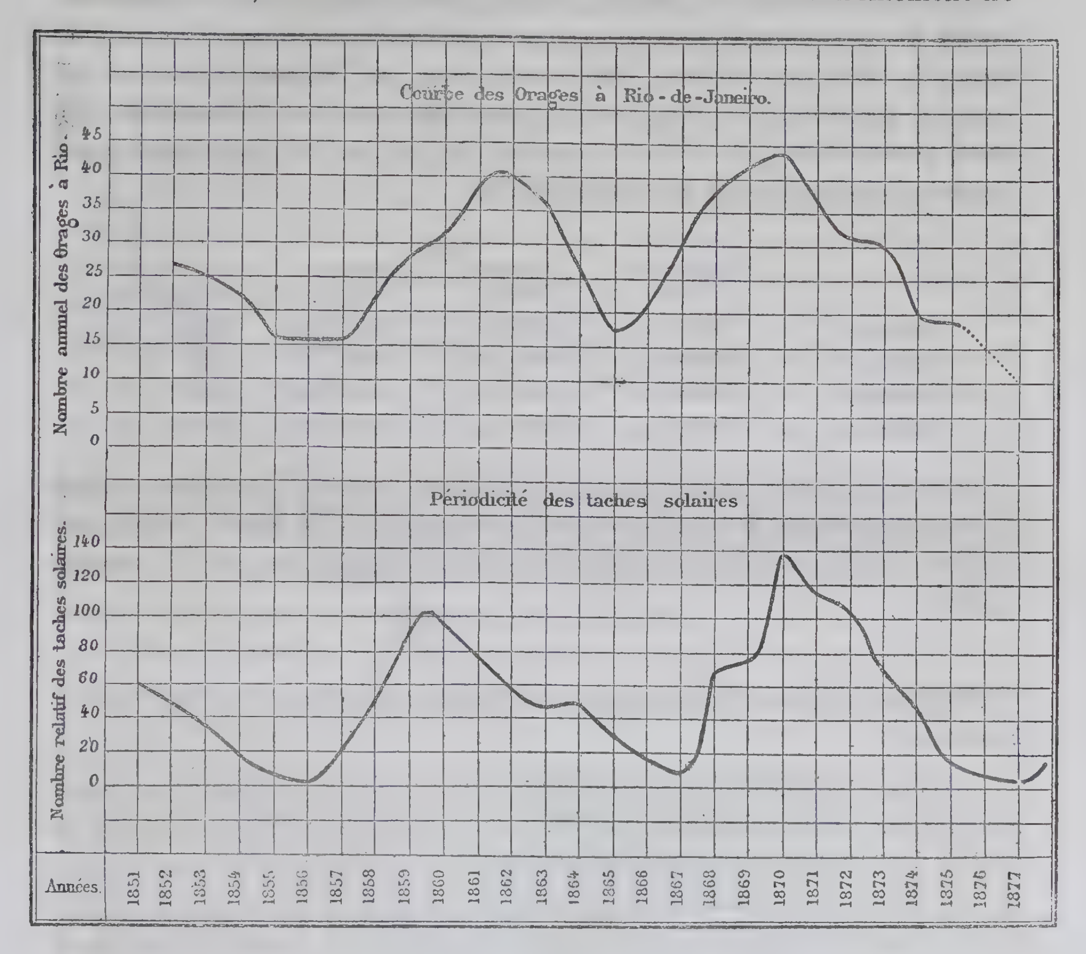



table entre ces deux courbes. Dans le but de faire disparaître certaines anomalies inévitables, j'ai pris les moyennes des nombres annuels par groupe de trois consécutifs : ainsi, la moyenne des trois nombres correspondant aux années 1851-52-53 est considérée comme représentant le nombre des orages de l'année 1852, et ainsi de suite pour les autres années.

» J'ai voulu, en outre, comparer ces résultats à ceux déduits d'observations faites en d'autres points de la terre, et, à cet effet, j'ai tracé la courbe des orages observés à Toronto (Canada), à laquelle j'ai joint celle des au-

rores boréales qui y ont été notées pendant la même période. Quoique le nombre annuel des orages, à Toronto, varie dans des limites très étroites, la courbe néanmoins reproduit, mais d'une manière moins accentuée, toutes les particularités de la courbe représentée ci-contre; il en est de même de celle des aurores. J'ai inscrit, dans le Tableau ci-dessous, les époques des minima et des maxima pour chacun de ces phénomènes, et, entre parenthèses, j'ai donné le nombre de fois que le phénomène a été observé dans l'année qui est inscrite à côté.

| | Rio de Janeiro. | Toronto. | | |
|---|---|---|---|---|
| | Orages. | Orages. | Aurores. | Taches solaires. |
| Minima....... | 1856 (11) | 1856 (23) | 1857 (26) | 1856 (1) (4) |
| Maxima....... | 1862 (49) | 1860 (34) | 1860 (59) | 1860 (99) |
| Minima....... | 1865 (14) | 1865 (24) | 1864 (34) | 1867 (7) |
| Maxima....... | 1870 (44) | 1870 (39) | 1870 (77) | 1870 (139) |

» En résumé, les conclusions de cette Note laissent clairement établir la relation directe qui existe entre la variation du nombre annuel des orages et celle des taches solaires, fait que, d'ailleurs, on pouvait prévoir *a priori*. »

M. **Faye** présente, à la suite de cette Communication, les observations suivantes :

« L'intérêt de cette Note m'engage à faire ici quelques réserves au sujet de l'intime correspondance que M. Cruls croit avoir reconnue entre les taches du Soleil et les tempêtes terrestres. J'ai eu l'honneur d'exposer plusieurs fois à l'Académie mon opinion sur ces grands phénomènes. Je lui ferai remarquer que mes deux théories, celle des orages terrestres et celle des taches du Soleil, bien souvent attaquées, ont résisté à toutes les critiques et sont les seules qui restent debout aujourd'hui. La production des taches sur le Soleil tient à un mode de rotation tout à fait spécial à cet astre, et aux procédés mécaniques par lesquels sa masse entière participe à son immense radiation superficielle, c'est-à-dire à son refroidissement séculaire. Le jeu de ces deux influences peut affecter, à partir d'une certaine époque, une allure périodique comme celle que M. Schwabe

(1) Correction faite au manuscrit par M. Faye.

a découverte et que les travaux de M. Rudolf Wolf ont mise en pleine évidence.

» La production des orages terrestres tient aux mouvements gyratoires descendants, à axe exclusivement vertical, qui naissent, comme ceux des fleuves, dans les courants supérieurs de notre atmosphère. Ces courants, fortement déviés par la rotation du globe, sont eux-mêmes produits sur les deux hémisphères par la chaleur du Soleil.

» La période des taches ne pourrait donc se reproduire dans celles des orages que M. Cruls vient de signaler sur l'hémisphère austral, que si les taches affectaient sensiblement la chaleur que le Soleil nous envoie, puisque cette chaleur est ici la cause principale. Or on n'a pas, que je sache, trouvé jusqu'ici la moindre trace d'une période de onze ans dans les températures annuelles. La conclusion est que les taches solaires et les orages terrestres ne sont pas en relation de cause à effet. Leurs périodes peuvent se ressembler de près ou de loin, comme tant d'autres qu'on observe dans la nature, mais elles ne sont pas identiques. Il faudrait que cette identité fût prouvée par l'accord constant d'un nombre suffisant de périodes, pour qu'il y eût lieu de rechercher un lien quelconque entre deux phénomènes si différents et si éloignés l'un de l'autre.

» Depuis quelques années, on tâche de rattacher empiriquement aux taches du Soleil, non seulement les orages, mais encore les aspects des planètes, les aurores boréales, les variations de la boussole, les pluies, les famines et jusqu'aux faillites, dans les pays dont le commerce s'étend aux vastes régions de l'Orient. De toutes ces assimilations, la plus plausible est celle des variations diurnes en déclinaison de l'aiguille aimantée. Dans un fort beau travail que vient de publier M. Ellis, directeur du Département météorologique à l'Observatoire de Greenwich, le savant auteur s'attache à montrer que l'accord des deux phénomènes se soutient presque dans les moindres détails, lorsqu'on a soin d'écarter ce que l'on nomme des *perturbations magnétiques*. Je me bornerai à emprunter à ce Mémoire les nombres suivants :

| Minima | | Maxima | |
|---|---|---|---|
| des taches. | des variations diurnes. | des taches. | des variations diurnes. |
| 1843,5 | 1844,3 | 1848,1 | 1848,1 |
| 1856,0 | 1857,2 | 1860,1 | 1860,6 |
| 1867,2 | 1867,2 | 1870,6 | 1870,8 |

» On voit qu'il y a entre les deux phénomènes des écarts variant de un mois à six mois, et même à plus d'une année.

» Quant aux coïncidences qui peuvent se produire accidentellement entre les taches du Soleil et certains aspects des planètes, telles que Mercure, Vénus, Jupiter, il me paraît évident, si l'on se reporte à la théorie purement mécanique des taches, que ces ingénieux rapprochements ne sont que fortuits. Les forces infinitésimales qui répondent à ces aspects ne sauraient modifier en quoi que ce soit le jeu des forces colossales qui président, sur le Soleil, à la formation des taches.

» Toujours est-il que la recherche empirique des périodes dans la succession des phénomènes météorologiques sera toujours très importante en ellemême, si l'on y fait concourir des observations prises sur les deux hémisphères à la fois. Celles qui se font actuellement au Brésil, à l'Observatoire de Rio de Janeiro, comblent une grave lacune et présentent un vif intérêt. Et ce n'est pas là, tant s'en faut, le seul profit que la Science universelle est appelée à retirer de la vive impulsion qu'un gouvernement éclairé donne à ce beau pays. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouvel hydrate de carbone.* Note de M. É. MORELLE, présentée par M. Chatin.

« M. Garreau retira, en 1850, de la Saxifrage de Sibérie (*Bergenia siberica*), un principe cristallisable, auquel il donna le nom de Bergenin. Dans deux Mémoires publiés sur ce sujet, il signala les principales propriétés de ce corps, sans en faire une étude approfondie. J'ai repris l'étude de cette substance, dont j'ai déterminé l'équivalent, la formule et la fonction. Mon travail mettant en évidence les affinités de ce corps avec la mannite, la pinite et la quercite, il est préférable de le désigner sous le nom de *bergenite*.

» Je prépare la bergenite en épuisant les souches fraîches de Saxifrage par l'eau à 80°. Les liqueurs, débarrassées du tannin par l'acétate neutre de plomb, et de l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré, sont réduites à un demi-litre; elles ne tardent pas à donner des cristaux de bergenite.

» Celle-ci, convenablement purifiée, se présente en petits cristaux incolores, d'une saveur amère et du système orthorhombique. Leur forme ordinaire est celle du prisme droit de 91°15′, modifié, sur la moitié des arêtes basiques, par des faces inclinées de 126°22′, sur celles du prisme.

» La bergenite dévie à gauche le plan de polarisation; son pouvoir rotatoire moléculaire est $(\alpha)_D = -51°36'$.

» Elle est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool à froid, plus soluble dans ces liquides à l'ébullition.

» Sa densité est 1,5445.

» La bergenite éprouve à 130° une véritable fusion aqueuse, et, si l'on élève la température, elle perd de l'eau et revient à l'état solide, qu'elle conserve ensuite jusqu'à 230°, température où elle se décompose.

» L'analyse a donné les résultats suivants :

| | Calculé. | | Trouvé. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | I. | II. | III. |
| $C^8$..... | 48 | 47,06 | 46,96 | 47,84 | 47,57 |
| $H^6$..... | 6 | 5,87 | 6,35 | 5,67 | 5,79 |
| $O^6$..... | 48 | 47,07 | | | |
| | 102 | 100,00 | | | |

» Ces nombres s'écartent peu de ceux qui correspondent à la formule $C^8H^6O^6$; celle de la bergenite est donc un multiple de cette formule.

» L'analyse de la bergenite, desséchée à 180°, a montré que la quantité de cette substance qui perd une molécule d'eau à cette température est double de celle que représente la formule précédente.

» Je n'ai pas réussi, soit à dédoubler la bergenite par l'action des acides minéraux, soit à la combiner avec ces acides; mais j'ai obtenu plusieurs combinaisons avec les acides organiques.

» La bergenite, enfermée dans un tube avec de l'acide acétique monohydraté et chauffée pendant quarante-huit heures à 100°, se dissout et laisse, après évaporation de l'acide en excès, un résidu blanc, amorphe, très soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther.

» Ce corps est neutre et donne à l'analyse les nombres suivants, qui conduisent à la formule brute $C^{20}H^{12}O^{12}$ :

| | Calculé pour $C^{16}H^8O^8(C^4H^4O^4)$. | | Trouvé. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | I. | II. |
| $C^{20}$..... | 120 | 52,63 | 52,38 | 52,34 |
| $H^{12}$..... | 12 | 5,26 | 5,45 | 5,94 |
| $O^{12}$..... | 96 | 42,11 | | |
| | 228 | 100,00 | | |

» Ce composé, chauffé pendant vingt-quatre heures à 100° avec une solution étendue et titrée d'acide sulfurique, se dédouble en bergenite et en

acide acétique. La proportion de cet acide a été trouvée, dans deux opérations différentes, égale à 26,66 et 26,11 pour 100. La théorie, pour $C^{16}H^{8}O^{8}(C^{4}H^{4}O^{4})$, voudrait 26,31.

» Il résulte de ces analyses que la quantité de bergenite qui s'unit à un équivalent d'acide acétique, avec élimination d'eau, peut être représentée par $C^{16}H^{12}O^{12}$, ou mieux par $C^{16}H^{10}O^{10}, H^{2}O^{2}$, et $204 = 186 + 18$ doit être adopté comme équivalent de la bergenite hydratée.

» J'ai obtenu également, avec l'acide valérique, le composé

$$C^{16}H^{8}O^{8}(C^{10}H^{10}O^{4}).$$

» Le chlorure acétique dissout rapidement la bergenite à la température de 100°, en donnant lieu à un dégagement de gaz chlorhydrique. Lorsque la dissolution est complète, la matière traitée par l'eau y produit un dépôt blanc, qui se dissout à chaud dans l'alcool et cristallise par refroidissement en lames rhomboïdales nacrées à angles coupés.

» Ce composé a donné à l'analyse les résultats suivants :

| | Calculé pour $C^{16}H^{4}O^{4}(C^{4}H^{4}O^{4})^{3}$. | | Trouvé. I. | Trouvé. II. |
|---|---|---|---|---|
| $C^{28}$. . . . . | 168 | 53,84 | 53,90 | 53,51 |
| $H^{16}$. . . . . | 16 | 5,13 | 5,24 | 5,12 |
| $O^{16}$. . . . . | 128 | 41,03 | | |
| | 312 | 100,00 | | |

Acide acétique mis en liberté par la saponification : 56,83 et 57,81 pour 100.

» On peut donc adopter, pour représenter ce composé, la formule

$$C^{16}H^{4}O^{4}(C^{4}H^{4}O^{4})^{3},$$

qui correspond à 57,69 pour 100 d'acide acétique.

» J'ai obtenu avec le chlorure benzoïque la bergenite tribenzoïque.

» Enfin j'ai pu remplacer par deux molécules d'acide acétique les deux molécules d'eau de la bergenite triacétique. Pour y parvenir, on chauffe pendant douze heures, à 280°, en tube scellé, une partie de cet éther avec 8 à 10 parties d'acide acétique anhydre. On traite le produit par l'eau, et, après avoir lavé le dépôt, on le sèche et le dissout dans l'alcool absolu bouillant. Le composé cristallise par refroidissement en fines aiguilles blanches, réunies en masses feutrées.

» Il donne à l'analyse les nombres suivants :

| | Calculé pour $C^{16}(C^4H^4O^4)^5$. | | Trouvé. I. | II. |
|---|---|---|---|---|
| $C^{36}$...... | 216 | 54,55 | 54,23 | 54,35 |
| $H^{20}$...... | 20 | 5,05 | 5,59 | 5,63 |
| $O^{20}$...... | 160 | 40,40 | | |
| | 396 | 100,00 | | |

Acide acétique mis en liberté par la saponification : 76,22 et 75,97 pour 100.

» Ces résultats conduisent à attribuer à ce composé la formule

$$C^{16}(C^4H^4O^4)^5,$$

qui correspond à 75,75 pour 100 d'acide acétique.

» La bergenite, donnant avec les acides des éthers, possède incontestablement la fonction alcoolique.

» C'est un alcool pentatomique, qui se place à côté de la pinite et de la quercite. »

PHYSIOLOGIE. — *De la toxicité comparee des différents métaux.* Note de M. Ch. Richet, présentée par M. Vulpian.

« Il m'a paru qu'on pouvait remplacer les expériences de toxicologie, dans lesquelles on injecte sous la peau ou dans les veines d'un animal une quantité déterminée de poison, par des expériences dans lesquelles le milieu respiratoire est intoxiqué. On évite ainsi les inconvénients dus au poids variable de l'animal et aux réactions chimiques perturbatrices consécutives à une injection brusque dans le sang. On peut atteindre une grande précision et faire facilement beaucoup d'expériences.

» Si l'on plonge un poisson (¹) dans une solution toxique, il meurt avec une rapidité qui dépend de la concentration plus ou moins grande du poison. En voici un exemple :

(¹) Mes expériences ont été faites sur des poissons de la Méditerranée, appartenant aux genres *Serranus* (*S. Cabrilla*), *Crenolabrus* (*C. Mediterraneus*), et surtout *Julis* (*I. vulgaris*, *I. Gioffredi*). Leur poids variait de $10^{gr}$ à $35^{gr}$. Des expériences antérieures m'avaient appris que des poissons de ces dimensions vivent indéfiniment (c'est-à-dire plus de huit jours) dans $2^{lit}$ d'eau de mer, contenue dans un cristallisoir à large surface.

| Eau de mer contenant par litre, en chlorure de lithium ($LiCl + H^2O$) | Mort au bout de |
|---|---|
| gr | |
| 66 | 3 minutes. |
| 33 | 15 » |
| 16,5 | 25 » |
| 8,2 | 9 heures. |
| 3,0 | 32 » |
| 2,6 | plus de 48^h. |

» J'appelle *limite de toxicité* la quantité maximum de poison (rapportée à 1^lit d'eau) qui permet à un poisson de vivre plus de quarante-huit heures. Ainsi, dans la série précédente, la limite de toxicité, pour le chlorure de lithium, sera la moyenne entre 3^gr et 2^gr,6, soit 2,8.

» J'ai alors déterminé, par cette méthode, la limite de toxicité de divers métaux, en ayant soin d'employer toujours le même radical acide (chlorures); des expériences préparatoires m'avaient en effet montré que les azotates sont plus toxiques que les chlorures. Quant aux sulfates, ils sont trop peu solubles pour servir à ces expériences.

» Voici le Tableau résumant mes recherches. La limite de toxicité a été calculée, non pour le poids de chlorure, mais pour le poids de métal combiné; elle est rapportée à 1^lit d'eau.

| Nombre d'expériences. | Métal. | Limite de toxicité. |
|---|---|---|
| 20 | Mercure ($Hg''$) | 0,00029 |
| 7 | Cuivre ($Cu''$) | 0,0033 |
| 20 | Zinc | 0,0084 |
| 10 | Fer ([1]) $Fe'''$) | 0,014 |
| 7 | Cadmium | 0,017 |
| 6 | Ammonium ($AzH^4$) | 0,064 |
| 7 | Potassium | 0,10 |
| 10 | Nickel | 0,125 |
| 9 | Cobalt | 0,125 |
| 11 | Lithium | 0,3 |
| 20 | Manganèse | 0,30 |
| 6 | Baryum | 0,78 |

([1]) Pour le fer, comme pour le strontium et le baryum, il faut au préalable éliminer, par une quantité convenable de chlorure de baryum, les sulfates et les phosphates contenus dans l'eau de mer. Je me suis assuré que cette opération ne change pas d'une manière appréciable les conditions vitales des poissons en expérience.

| Nombre d'expériences. | Métal. | Limite de toxicité. |
|---|---|---|
| 4 | Magnésium | 1,5 |
| 20 | Strontium | 2,2 |
| 5 | Calcium | 2,4 |
| 6 | Sodium [1] | 24,17 |

» On voit, par ces chiffres, qu'il n'y a pas de relation précise à établir entre le poids atomique d'un corps et sa toxicité. Le cuivre est six cents fois plus toxique que le strontium, quoique son poids atomique soit moindre. Le lithium, dont le poids atomique n'est que le vingtième du poids du baryum, est cependant trois fois plus toxique, etc. Même pour les métaux de la même famille chimique, la relation entre le poids atomique et la toxicité n'existe pas. Ainsi le cadmium (112) est moitié moins toxique que le zinc (65). Le lithium (17) est soixante-dix fois plus toxique que le sodium (23), etc.

» Il ressort aussi de ces expériences qu'il n'y a pas de relation à établir entre la fonction chimique d'un corps et sa puissance toxique. En effet, le potassium et le sodium, dont les propriétés chimiques sont si voisines, sont très inégalement toxiques. $1^{gr}$ de potassium est près de 250 fois plus toxique que $1^{gr}$ de sodium.

» D'ailleurs, l'emploi de cette méthode des milieux toxiques, au lieu des injections toxiques, permet de résoudre diverses questions importantes, sur lesquelles je reviendrai. »

ANATOMIE COMPARÉE. — *Recherches sur le système circulatoire du* Spatangus purpureus. Note de M. R. KŒHLER, présentée par M. H. Milne Edwards.

« L'ouverture buccale du *Spatangus purpureus* est entourée par deux anneaux vasculaires : l'un externe, appartenant au système vasculaire sanguin; l'autre interne, appartenant au système ambulacraire. La même disposition se retrouve dans les ambulacres.

---

(1) Il faut employer du chlorure de sodium pur; car le sel ordinaire contient assez de chlorure de potassium pour modifier les résultats. Comme l'eau de mer contient normalement environ $20^{gr}$ de chlorure de sodium par litre, et qu'on peut en ajouter $43^{gr}$ sans déterminer la mort du poisson, cela fait en réalité $63^{gr}$ par litre de chlorure de sodium, soit 24,7 de métal combiné.

» La branche de communication d'Hoffmann, qui met en rapport le vaisseau intestinal avec l'anneau péribuccal unique, décrit par cet auteur, se bifurque en réalité, au niveau de la bouche, en deux branches, dont l'une se jette dans l'anneau sanguin, et l'autre dans l'anneau ambulacraire.

» De même, le canal du sable est double dans sa région comprise entre l'ouverture de la bouche et l'extrémité de l'œsophage ; il est formé de deux canaux accolés, dont chacun débouche dans l'anneau péribuccal correspondant. Au niveau de l'extrémité de l'œsophage (première courbure), ces deux canaux se réunissent en un seul, qui reste simple jusqu'au point où la deuxième courbure du tube digestif se joint à la troisième. A partir de cette région, il se cloisonne de nouveau en plusieurs cavités secondaires, au nombre de quatre ou cinq, au moment où il arrive à l'organe appelé communément le cœur, dans lequel il se perd. Il se reconstitue après avoir traversé cet organe, et arrive à la plaque madréporique sous forme d'un canal grêle, d'une structure particulière.

» Le prétendu cœur est un organe spongieux, dont les interstices se remplissent complètement lorsqu'on injecte le canal du sable. Il est constitué par du tissu conjonctif supportant de nombreux noyaux et des éléments semblables à ceux du sang et de la cavité générale. Doit-on voir dans cet organe une sorte de glande vasculaire sanguine, ou bien simplement un organe d'excrétion ? La soi-disant membrane qui entoure l'extrémité du canal du sable et le rattache à la plaque madréporique paraît plutôt être aussi une glande en connexion avec ce canal. Elle présente une structure analogue à celle du cœur.

» Le tube digestif reçoit le sang des vaisseaux marginaux interne et externe. Il ne possède de vaisseaux que dans la région comprise entre le premier orifice du siphon et l'origine de la troisième courbure. L'œsophage, la troisième courbure et le rectum n'en reçoivent pas un seul. De plus, là où les vaisseaux existent, leur distribution est loin d'être aussi régulière qu'Hoffmann ne l'a figuré. La face ventrale de la deuxième courbure ne reçoit de vaisseaux que dans le voisinage de l'orifice du diverticulum et de chaque côté de cet organe; c'est la face dorsale qui reçoit la plupart des vaisseaux. Le vaisseau intestinal d'Hoffmann, qui, d'après lui, fournit des vaisseaux à l'estomac, à la troisième courbure et au rectum, s'épuise en réalité un peu après l'origine de la branche de communication, sans atteindre l'estomac, dont les vaisseaux présentent la disposition suivante : les deux vaisseaux marginaux de la deuxième courbure forment autour de l'orifice du diverticulum un plexus très serré, duquel naissent

deux autres vaisseaux qui se continuent de chaque côté de l'estomac jusqu'au siphon, et qui sont réunis de distance en distance par des anastomoses transversales, aussi bien sur la face dorsale que sur la face ventrale. De plus, le vaisseau qui longe le bord droit de l'estomac ([1]) fournit plusieurs petits vaisseaux qui se ramifient sur la lamelle mésentérique s'étendant du diverticulum au tube digestif. Tous ces vaisseaux se réunissent ensuite en un tronc qui suit le diverticulum jusqu'au cœur, entre le canal du sable et le vaisseau marginal du diverticulum, en donnant à droite et à gauche de courtes branches transversales qui le font communiquer à la fois avec le canal du sable et ce vaisseau marginal.

» Je montrerai dans une prochaine Note comment la structure histologique et la répartition des glandes du tube digestif sont en relation avec ce mode de vascularisation ([2]). »

La séance est levée à 4 heures. D.

---

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

Ouvrages reçus dans la séance du 17 octobre 1881.

*Médaille d'honneur offerte à M. H. Milne-Edwards. Allocutions de MM. de Quatrefages, Blanchard et J.-B. Dumas.* Paris, Gauthier-Villars, 1881; br. in-8°. (5 exemplaires.)

*Annales de la Société géologique de Belgique;* t. VI, 1878-1879. Berlin, Friedlanger; Liège, A. Decq; Paris, F. Savy, 1879-1881; 1 vol. in-8°.

*Annales de la Société d'émulation du département des Vosges,* 1881. Épinal, V. Collot; Paris, A. Gouin, 1881; 1 vol. in-8, avec supplément.

L.-P. Mouillard. *L'empire de l'air. Essai d'ornithologie appliquée à l'aviation.* Paris, G. Masson, 1881; in-8°. (Présenté par M. H. Mangon.)

*Les alcaloïdes dérivés des matières protéiques sous l'influence de la vie des fer-*

---

([1]) L'animal est supposé placé sur la face ventrale.

([2]) Ces recherches ont été faites au laboratoire de Zoologie marine de Marseille, dirigé par M. Marion, qui a bien voulu mettre à ma disposition tous les matériaux nécessaires.

*ments et des tissus; par* A. GAUTHIER. Paris, Germer-Baillière, 1881; br. in-8°. (Extrait du *Journal d'Anatomie et de Physiologie.*)

*Recherches sur les poils à bâtonnet de l'antenne interne des Crustacés, précédées de quelques remarques sur les poils dits olfactifs; par* S. JOURDAIN. Paris, Germer-Baillière, 1881; in-8°. (Extrait du *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie.*) (Présenté par M. H. Milne Edwards.)

*De l'équilibre thermique dans les actions chimiques; par le* Dr D. TOMMASI. Saint-Denis, impr. Ch. Lambert, 1881; br. in-8°.

*Etude sur les machines centrifuges, pompes et ventilateurs; par* A.-H. COURTOIS. Paris, Dunod, 1881; in-8°.

*Muséum des Sciences naturelles de Lyon. Rapport à M. le Préfet sur les travaux exécutés pendant l'année* 1880; *par* M. le Dr LORTET. IX. Lyon, H. Georg, 1881; br. in-8°.

*Mémoire sur les phénomènes d'altération des dépôts superficiels par l'infiltration des eaux météoriques, étudiés dans leurs rapports avec la géologie stratigraphique; par* ERNEST VAN DEN BROECK. Bruxelles, F. Hayez, 1881; in-4°.

*Quelques résultats déduits de la Statistique solaire; par* R. WOLF. Sans lieu ni date; br. in-4°. (Estratto dalle *Memorie della Societa degli spettroscopisti italiani.*) (Présenté par M. Janssen.)

*Aerial navigation*; *by* J.-F. CAMERON. New-York, John Polhemus, 1881; br. in-8°.